

# 電氣通信学会雑誌

The Journal of the Institute of  
Electrical Communication Engineers of Japan



社団法人 電氣通信学会

The Institute of Electrical Communication Engineers of Japan



# Beckman®



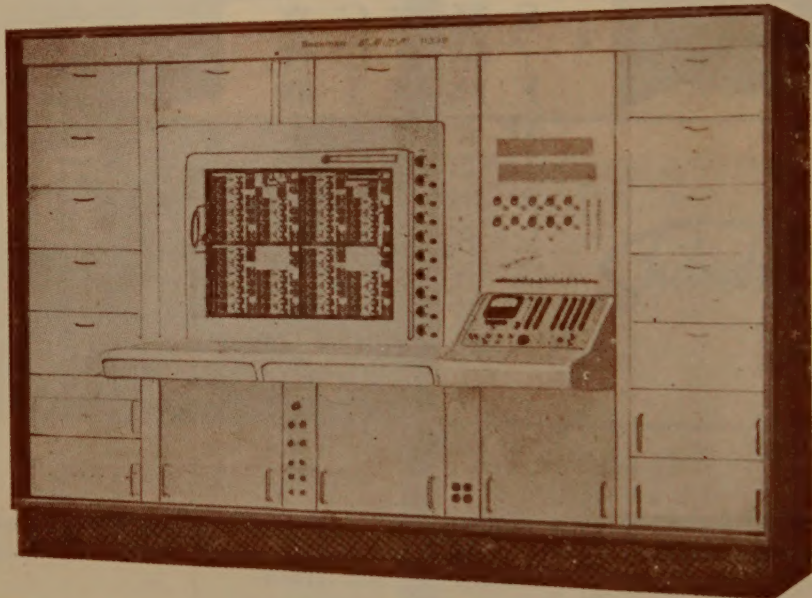
*Berkeley Division*

*A Division of Beckman Instruments, Inc.*

*2200 Wright Avenue, Richmond, California*

## 創立25周年の新製品

### ALL-ELECTRONIC COMPUTER EASE 1100B



#### FULLY ELECTRONIC

No moving parts limit solution speed. All operational components including multipliers and resolvers are electronic.

#### DIGITAL PROGRAMING

Computer may be programed from keyboard or punched tape prepared in advance.

#### UNPRECEDENTED ACCURACY

Amplifiers have lowest drift rate obtainable. Summing resistors maintain 0.005% accuracy in use.

#### HIGHEST STABILITY

Three amplifier loop remains stable with a gain of five.

#### SIMPLIFIED MAINTENANCE

Adjustments reduced to a minimum. Components accessible from the front. Specially tailored test units simplify checks and adjustments.

#### ANALOG MEMORY

Permits solution of partial differential equations by sophisticated iterative techniques.

通信工業・電子工業・原子力工業用設備  
測定器・部品・材料・工作機械・工具  
工業用試薬・輸出入・国内販売

RESISTERD

ベックマン / バークレイ社 日本総代理店

## 伯東株式会社

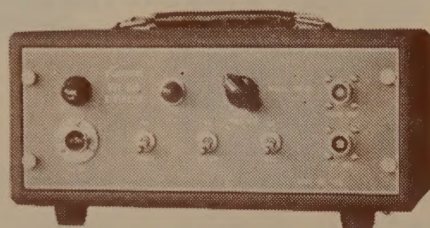
東京都港区芝罘平町1 虎ノ門産業ビル  
電話 (501) 3168, 3169, 5301 9

# Kowa

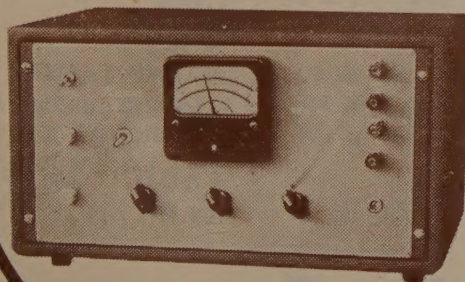
## カラー・テレビ用 測定器

### トランジスター ドット・バーゼネレーター

使用トランジスター：2 1  
 “ダイオード”：2 2  
 電源：100V  $\pm 10\%$   
 電力：5 W  
 重量：3.2 kg  
 寸法：巾 294  
 高さ 124  
 奥行 145



TCH-10



CD-10

## 遅延量測定器

掃引周波数：25 Mc  $\pm 5$  Mc  
 及び 45 Mc  $\pm 5$  Mc

内蔵発振器周波数：150 kc

遅延測定：

入力レベル 0.8~3 Vp-p

出力レベル 0.2 V/100  $\mu$ s

校正時間 25, 50, 200  $\mu$ s

ドリフト 5  $\mu$ s 以内

1. スキーアゼネレーターとオシロスコープの組合せによる直視およびオシレーターとパネル上のメーターとの組合せによる各点測定が出来ますので遅延特性および遅延量の測定が出来ます。
2. 掃引用波数切替スイッチの切替によって黑白およびカラーテレビの両方の測定に使う事が出来ます。

## 興和株式会社

名古屋・東京・大阪・ニューヨーク

## 興和電機研究所

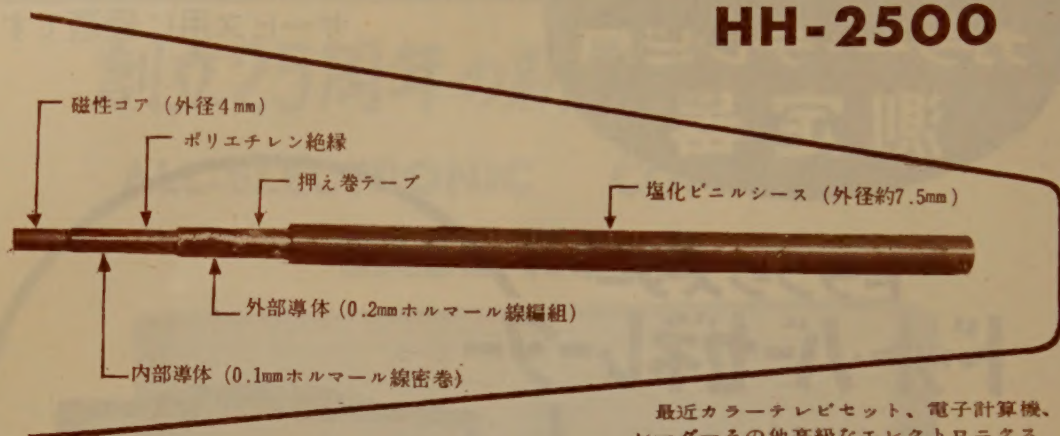
東京都調布市上布田町 4 1 6

電話 調布 (0229) 4 1 2 6 ~ 9



# 日立遅延ケーブル

## HH-2500



### 特長

このケーブルのおもな特長はつぎのとおりであります。

- (1) 透磁率が大きく損失の少ない優秀な磁性コアを使用している。
- (2) このため高インピーダンスで遅延時間の大きいものが短いケーブルで得られ、また遅延時間当りの減衰量が少ない。
- (3) 細い磁性コアを使用しているので、遅延時間の周波数特性すなわち遅延ひずみが良好である。
- (4) 損失と遅延ひずみが少ないので、波形のひずみが少なく、パルス特性は忠実である。
- (5) コアは可とう性にとみ、屈曲性も良好である。
- (6) ケーブルの仕上り外径が小さく、所要の遅延時間のものがコンパクトに得られる。

最近カラーテレビセット、電子計算機、レーダーその他高級なエレクトロニクス関係機器における波形の位相変位用などに用いられる遅延ケーブルとして遅延時間の大きいものの需要が増大しつつありますが、弊社ではこれらの要望にこたえ、可撓性のある磁性コアを用いた小型で、遅延時間の大きいケーブルの製造をはじめました。

HH-2500はカラーテレビセット用として好適なものであります。

### 性能概要

このケーブルの性能はつぎのとおりであります。

|           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| 特性インピーダンス | 2,900Ω                           |
| 遅延時間      | 2.0μs/m                          |
| 減衰量       | 約3 db/m (4 MC)                   |
| 遅延ひずみ     | 5.0%以内 (0~4 MC)                  |
| 耐電圧       | A.C. 350 V<br>またはD.C. 500 V / 1分 |
| 絶縁抵抗      | 100 MΩ / 以上                      |

### 参 考

(1) 弊社ではHH-2500のほかHH-1600、HH-4000およびパルス過渡特性のさらに忠実なHH-1500およびHH-2000の各種遅延ケーブルも製造いたします。

(2) 御要求によっては遅延時間を調整し、端末をモールド加工したものを納入いたします。



# 日立電線

本 社 東京都千代田区丸の内2~12  
営業所 大阪・福岡・名古屋  
販売所 札幌・仙台・広島・富山



住友電工の

# ミリ波伝送用円形導波管

周波数が高くなるほど減衰量が減るという特異な性質をもつため、長距離伝送路として注目されている円形導波管について、かねてから開発研究をすすめておりましたが、昨年後半に至り実用に供しうる見通しを得、日本電信電話公社電気通信研究所殿での実用化実験用として、昨年末から今春にかけ総長約 400m を納入いたしました。

構造 内径 51mm 円管式フランジ付 (写真参照)

標準単長 5 m

材質 銅

減衰量 図のとおり

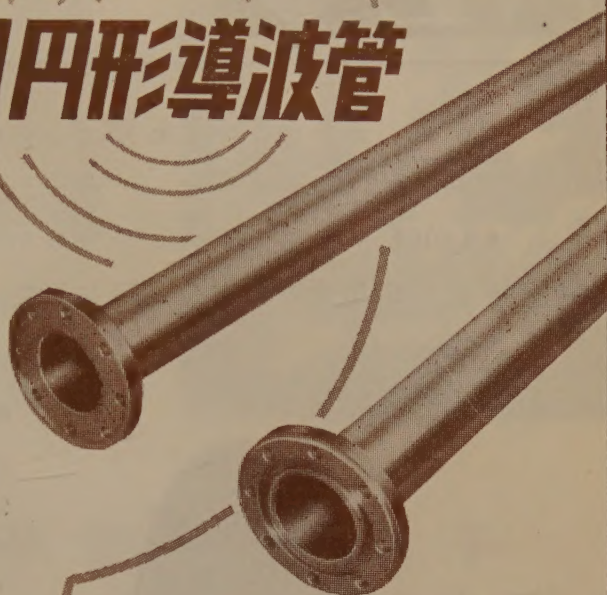
伝送波モード  $TE_{01}$

特長

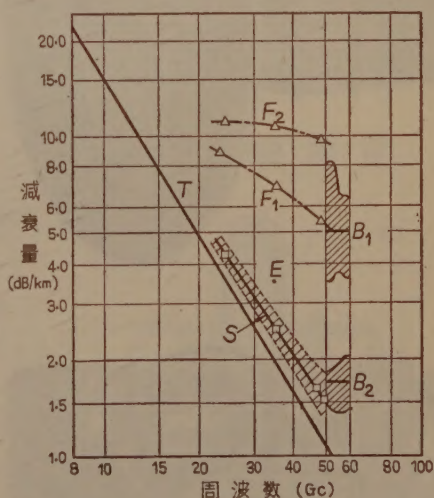
(1) 減衰量が従来の伝送線路より極めて低い。(50 Gc で 2 dB/km 以下)

(2) 従来の伝送線路とくらべると、驚異的に広い帯域幅がとれる。

なお、らせん管式および誘電体内装式のものについても試作を行ない長距離伝送路用としての検討をすすめております。



内径約 51 mm 円形導波管の減衰量—周波数特性



T:理論値 (内径 51.0mm)  $B_1, B_2$ : 米国 B. T. Lab. の実績 (内径 50.8mm, Aug. 1958)  $F_1, F_2$ : 仏国 Câble de Lyon の実績 (内径 50.0mm, Oct. 1957) E: 英国 University College, London の実績 (内径 50.8mm, July 1957) S: 当社の実績 (内径 51.0mm, Nov. 1959)

## 住友電気工業株式會社

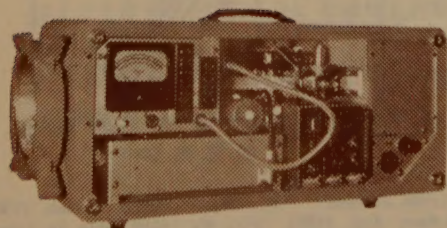
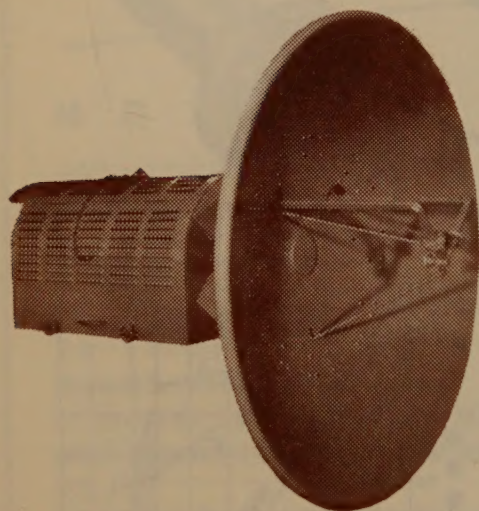
本社 大阪市此花区恩貴島南之町六〇  
東京支社 東京都港区芝罘平町一  
支店 名古屋・福岡



# NEC

## 13000MC帯 全トランジスタ化 マイクロウェーブ通信装置 《13G-60Tr》

- クライストロン管1本のほか全部トランジスタ化された  
世界最初の中継方式
- 13000 MC帯を用いた世界最初の多重電話中継方式
- 最大60通話路迄の中継が可能



TR-13GE-5 送受信装置

### 回路構成並に特性

空中線はパラボラ型反射鏡を用い 送受信波の偏波面を互に直交させて送受共用を行い送信側の共用フィルターを省略し 送信部はクライストロン発振器とその変調回路より成り送信出力は約100mw その一部は方向性結合器を用いて分離し受信回路の局部発振信号としている 中間周波増巾器は四極トランジスタを用い集中濾波器により帯域を制限し AGC回路としてはダイオードによる可変減衰器を用い振特性の変動を最少におさえた 復調器はダイオードリミッターとディスクリミネーターを用い電源は交流100又200Vを直流24Vに直しトランジスタ定電圧発振器を用いて昇圧すると共に安定化してクライストロンを動作させている従って24Vの蓄電池を附加すれば無停電方式とすることができ 本装置に1.7mの空中線を用いると約10kmの区間でフェーディングマージン約40db約20kmの区間で約36dbを得て各通話路のS/Nは50db以上となります

### 主要営業品目

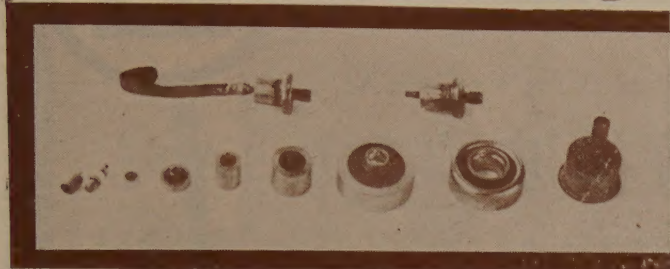
電話機・交換機・伝送通信装置・ラジオテレビ放送装置・無線通信装置・電子計算機・自動制御装置・電子管・半導体製品・写真模写電送装置・超音波装置・音響機器・テレビ・トランジスタラジオ・家庭電化用品など……………



## 日本電気



# HERMETIC



# SEALS



# NEC ハーメチック シール

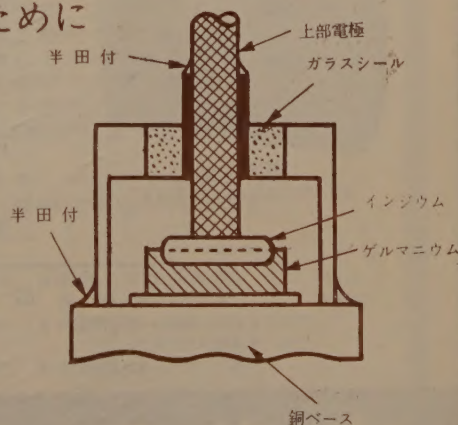
## 半導体整流器用 気密硝子端子

- 低圧より高圧まで
- 検波用より大電力用まで
- 許容温度範囲の拡張に
- 漏洩による機能劣化防止に
- 半導体整流体の特性を生かすために

●ハーメチックシールは、電気機器部品等を容器の中に密閉する場合の導入端子として用いられるものであります。

●ハーメチックシールは外周が金属でできていて半田付等の方法で容易に容器に接続することができるようになっており、中央のリードとの間は特殊ガラスで完全に絶縁されております。

### 使用例



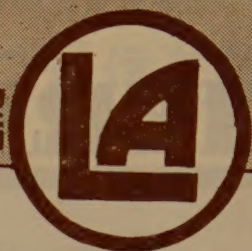
## 新日本電気株式会社

本社 大阪市北区梅田2番地(第一生命ビル)  
支社 東京都港区芝西応寺町55番地  
大津工場 大津市粟津晴嵐町25番地

電話 (36) 3271 (代表)  
電話 (451) 9671 (代表)  
電話 大津 4681~6



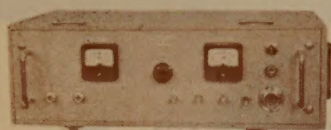
# ANDO 測定器



UHF, SHF から EHF までの万能型

## 耗波高感度検波器 (SDA-1 A 型)

本器は、ハーモニック、ミクサーを用いたスーパー、ヘテロダイン方式の耗波受信器であります。局部発振周波数を 10,000 Mc 帯に選び、この高周波（または基本波）と被測定耗波信号との中間周波数ビートを増巾して、耗波を高感度、広帯域に検波するものであります。なをケースから取り出せば、そのまま標準鉄架に取付けられるよう設計されています。



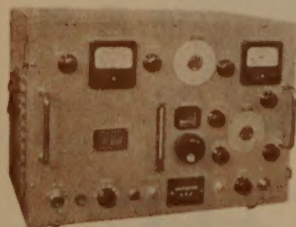
SDA-1 型  
230×450×250 mm 約 14 kg

### 性 能

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| 測定周波数範囲   | 8,000 Mc~100,000 Mc       |
| 所要局部発振周波数 | 10,000 Mc 帯               |
| 受信感度      | -60 dBm                   |
| 中間周波数増巾器  | 70 Mc<br>1.2 Mc<br>110 dB |
| 電源        | AC 100 V, 50~60 c/s       |

## 極超短波信号発生器 (MGE-7 型)

本器は、6,400 Mc~7,200 Mc の極超短波帯において受信機の調整ならびにマイクロの試験調整等に使用する信号発生器であります。



MGE-7 型  
500×350×355 mm 約 30 kg

### 性 能

|         |   |
|---------|---|
| 周波数範囲   | 6,400 Mc~7,200 Mc   |
| 周波数精度   | ±1% (直読目盛)  |
| 出力範囲    | -3 dBm~-90 dBm  |
| 出力精度    | -3 dBm にて ±2 dB 以内  |
| 出力減衰器精度 | ±2 dB   |
| 変調方式    | FM  |
| 内部変調    | 変調波形 1000 c/s±1% のこぎり波<br>最大周波数偏移 ±10 Mc 以上   |
| 外部変調    | 入力インピーダンス 75 Ω<br>入力レベル 1.4 V(p-p)<br>変調周波数範囲 40 c/s~6 Mc<br>周波数特性 40 c/s~6 Mc の間<br>100 kc に対し +0, -5 dB<br>最大周波数偏移 1.4 V(p-p) の入力に対し ±5 Mc 以上 |
| 電源      | AC 100 V, 50~60 c/s   |

### 広 告 目 次

2 月号 選択レベル測定器  
3 月号 パルスコープ  
4 月号 テストオシレーター

5 月号 余弦解析器  
6 月号 周波数特性直視装置  
7 月号 VHF・UHF・SHF・EHF 帯抵抗減衰器

# 安藤電気株式会社

東京都大田区仲蒲田 3-4

Tel (731) 1 1 6 1 (代)



# GENERAL

手のひらにのるテレビ放送局……



## ゼネラル 全トランジスタ化 工業用テレビジョン

### MTC-101 型 ミニ・ルッキー

あらゆる場所で利用できるわが国最初の全トランジスタ化工業用テレビジョン

利用範囲：オフィス、工場、学校、商店、船舶、飛行場、家庭、その他あらゆる場所でご使用になれます

- 特長**
- 1 超小型・軽量で、手のひらにのせることもでき、又従来にない低コストにまとめてあります
  - 2 すべてにトランジスタを使用していますので動作が安定しており、消費電力は微々たるもの、保守・取扱いも容易です
  - 3 僅か一本の同軸コードを、一般の受像機につなぐだけで、テレビ放送同様に鮮明な映像が得られます

#### 定 格

- |              |                         |                   |                             |
|--------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|
| <b>1 方式</b>  | ランダムインターレース方式           | <b>3 使用トランジスタ</b> | 19石                         |
|              | 水平周波数15.75KC            | <b>ダイオード</b>      | 18本                         |
|              | 垂直周波数50%又は60%<br>(電源同期) | <b>4 外形寸法</b>     | 80×130×215mm<br>(巾)(高さ)(奥行) |
| <b>2 解像度</b> | (市販の受像機を利用して)           | <b>5 消費電力</b>     | AC 100V 10VA<br>50%又は60%    |
| 水平           | 320本以上                  | <b>6 重 量</b>      | 3.2kg (レンズを含む)              |
| 垂直           | 300本以上                  |                   |                             |

**備 考：**目的により、各種の遠隔制御装置を使うことができます。  
又特に高解像度を要求されるものには、子テレビ又はモニターを使用するV型をご利用ください。



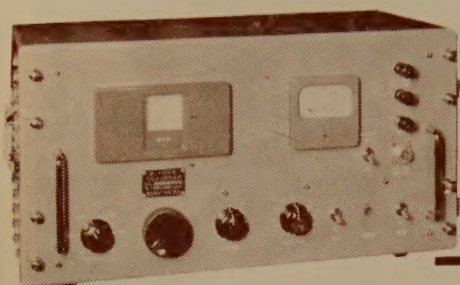
## 八欧電機株式会社

ご照会は…  
神奈川県川崎市末長1116番地  
八欧電機株式会社無線営業部  
TEL 溝ノ口(048)(代)2121・2111 玉川(701)1171・2151



# CR-10KB 広帯域発振器

本器はテレビジョンその他における、音声、映像機器、および線路などの諸特性の測定ならびに調整試験に使用する電源部自蔵のウィーンブリッジ型広帯域発振器であります。



発振周波数  
10%~10Mc  
周波数精度  
±(2%+1%)  
出力  
75Ω側 4V p-p以上  
600Ω側 4V rms以上

実績が示す  
低周波測定  
器の決定版

## DPA-2型 低周波特性測定器

低周波発振器、レベル測定器、ひずみ率測定器の三台を一筐体に組み込んだ多目的測定器で、しかも電源部を自蔵しておりますから、携行移動に便利です。

### 低周波発振部

発振周波数 20%~20kc

### ひずみ率測定部

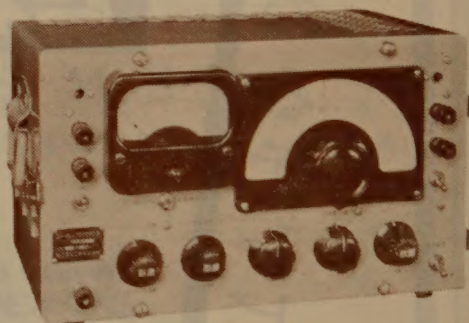
測定周波数 55%, 100%, 200%, 1kc, 5kc, 7.5kc

測定範囲 0.2%~2%, 2%~20%

### レベル測定部

周波数範囲 20%~20kc

測定範囲 -70dBm ~ +30dBm



## 東亜電波 の計測器

### チョツパ CH-1 CH-4

#### 用途

CH-1: 特に高い入力抵抗(10~1,000MΩ)の回路

(例) 高入力抵抗直流増幅器 (pH計指示部, 光電流増幅器等)

高入力抵抗自動平衡式記録計

CH-4: 中入力抵抗(1~10MΩ)の回路

(例) 組み合わせ増幅器(演算増幅器等)におけるドリフト補償用増幅器等

また、CH-1、CH-4はいずれも低入力抵抗の回路(数Ω~数10kΩ)で使用して、数μVの検出が可能です。



東亜電波工業株式会社

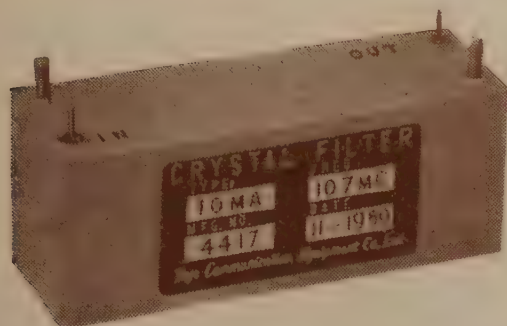
本出張所サービスステーション  
東京都新宿区諏訪町235-1・(369)0101(代)  
大阪市東区淡路町3の6船場ビル・(23)6547  
福岡市東区東町88-2日興電気商会内・(4)4910  
名古屋市中区朝日町2の5朝日エレクトロン内・(9)5232





新製品

# 10.7MC SERIES STANDARD CRYSTAL FILTERS



## APPLICATIONS

- AM, FM, SSB RECEIVERS
- DOPPLER RADAR SYSTEMS
- FSK SYSTEMS
- FIXED CHANNEL RECEIVERS
- SPECTRUM ANALYZERS

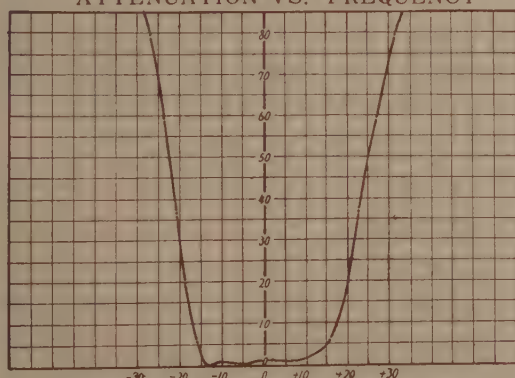
## SYMMETRICAL BANDPASS

| MODEL NO | CENTER FREQUENCY | BANDWIDTH 6 DB | BANDWIDTH 60 DB | INSERTION LOSS (MAX) | PASS BAND VARIATION (MAX) | IMPEDANCE OHMS (NOMINAL) | CASE SIZE L.W.H |
|----------|------------------|----------------|-----------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| 10 MA    | 10.7 MC          | 30 KC          | 60 KC           | 6 DB                 | $\pm 1.5$ DB              | 2,000                    | 80×25×30mm      |
| 10 MB    | "                | 15 KC          | 30 KC           | "                    | "                         | 1,000                    | "               |
| 10 ME    | "                | 6 KC           | 15 KC           | "                    | $\pm 1$ DB                | 500                      | "               |
| 10 MF    | "                | 3.5 KC         | 10 KC           | "                    | "                         | 300                      | "               |
| 10 MH    | "                | 0.5 KC         | 2 KC            | "                    | "                         | 2,000                    | "               |

## CRYSTAL DISCRIMINATOR

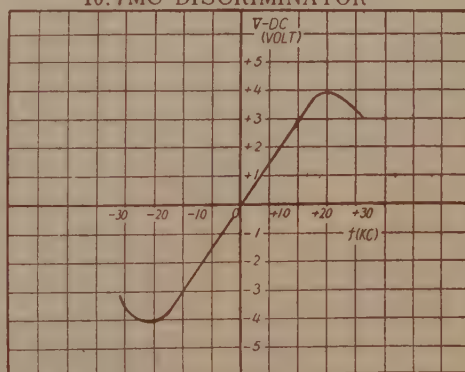
| MODEL NO | CENTER FREQ | BAND WIDTH        | IMPEDANCE OHMS         | CASE SIZE L.W.H. |
|----------|-------------|-------------------|------------------------|------------------|
| 10M-DC   | 10.7MC      | 50KC PEAK TO PEAK | INPUT 10K, OUTPUT 500K | 25×20×25mm       |

MODEL 10-MA  
ATTENUATION VS. FREQUENCY



FREQUENCY IN KC FROM 10.7MC  
CENTER FREQUENCY

MODEL 10M-DC  
10.7MC DISCRIMINATOR



FREQUENCY IN KC FROM 10.7MC  
CENTER FREQUENCY

同一外形互換性を考えた 10.7 MC 系列既設計、高信頼性の高周波水晶濾波器を御推奨いたします。

尚、特に新規設計にも応じますから何卒御用命の程御待ち申上げて居ります。

## 東洋通信機株式會社

本社及工場 神奈川県川崎市塚越3丁目484番地 (電話) 川崎(2) 3771~3779, 2766  
 東京事務所 東京都千代田区霞ヶ関3丁目3番地鋼鉄ビル内 (電話) 東京(591) 1973, 1974  
 大阪営業所 大阪市西区土佐堀船町23番地大阪商工ビル内 (電話) 土佐堀(44) 4332  
 福岡営業所 福岡市下土居町3番地住友ビル内 (電話) 福岡(3) 2501



# SONY

新発売！

高信頼度

シリコン  
トランジスタ  
2種

シリコン Mesa パワー トランジスタ



(JEDEC OUTLINE TO-3)

## 2SC42 シリーズ

|                |            |
|----------------|------------|
| 低 $R_s$        | 1 $\Omega$ |
| 高耐温度           | 150° C     |
| 耐電圧            | 50 V 以上    |
| コレクタ損失         | 50 W       |
| $\alpha$ カットオフ | 20 Mc      |

### 用途例

サーボ アンプ  
高周波大電力増巾発振  
大電力スイッチング  
DC アンプ  
ボルテージレギュレーター

シリコン 高周波トランジスタ



(JEDEC OUTLINE TO-5)

## 2SC192 シリーズ

|                |             |
|----------------|-------------|
| 低 $I_{co}$     | 0.1 $\mu A$ |
| 高耐温度           | 150° C      |
| 耐電圧            | 30 V 以上     |
| コレクタ損失         | 250 mW      |
| $\alpha$ カットオフ | 50 Mc       |

### 用途例

中速度 スイッチング  
ビデオ アンプ  
DC アンプ  
高周波中出力増巾発振

● 詳細・お問合せは ソニー株式会社 半導体部へ 東京都品川区北品川 6-351 TEL. 441-0161 (代)



# SONY

## 主要トランジスタ特性表

### \* 高周波用

| 形 式    | 構 造     | 絶対最大規格 (Ta=25°C)        |                        |                        | 特 性 (Ta=25°C)           |                 |                         |                         | 用 途                    | 旧 称           | 備 考   |
|--------|---------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|-------|
|        |         | V <sub>CEO</sub><br>(V) | I <sub>C</sub><br>(mA) | P <sub>C</sub><br>(mW) | I <sub>CO</sub><br>(μA) | h <sub>fb</sub> | C <sub>ob</sub><br>(PF) | f <sub>ab</sub><br>(Mc) | P <sub>G</sub><br>(db) |               |       |
| 2SA121 | PNP     | 15                      | 2                      | 15                     | < 8                     | .96             | 1.3                     | 100                     | 24                     | 中波コンパ         | 2T201 |
| 122    | "       | 15                      | 2                      | 15                     | < 8                     | .96             | 1.3                     | 100                     | 30                     | "             | 2T201 |
| 123    | "       | 15                      | 2                      | 15                     | < 8                     | .96             | 1.3                     | 100                     | 35                     | "             | 2T201 |
| 124    | "       | 15                      | 2                      | 15                     | < 8                     | .97             | 1.3                     | 120                     | 31                     | FMラジオ 増巾 発振混合 | 2T203 |
| 2SC 73 | NPN アロイ | 15                      | 5                      | 30                     | < 8                     | .976            | 2.0                     | 20                      | 27                     | 中波コンパ         | 2T 73 |
| 75     | "       | 15                      | 5                      | 30                     | < 8                     | .96             | 2.1                     | 10                      | 41                     | 中間周波 増巾 用     | 2T 75 |
| 76     | "       | 15                      | 5                      | 30                     | < 8                     | .96             | 2.1                     | 10                      | 37                     | "             | 2T 76 |
| 77     | "       | 15                      | 5                      | 30                     | < 8                     | .96             | 2.1                     | 10                      | 32                     | "             | 2T 77 |

### \* 小信号低周波用

| 形 式    | 構 造     | 絶対最大規格 (Ta=25°C)        |                        |                        | 特 性 (Ta=25°C)           |                 |                         |                         | 用 途  | 旧 称     | 備 考   |
|--------|---------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------|---------|---|
|        |         | V <sub>CEO</sub><br>(V) | I <sub>C</sub><br>(mA) | P <sub>C</sub><br>(mW) | I <sub>CO</sub><br>(μA) | h <sub>fb</sub> | C <sub>ob</sub><br>(PF) | f <sub>ab</sub><br>(Mc) |      |         |   |
| 2SD 64 | NPN アロイ | 25                      | 50                     | 50                     | < 15                    | .987            | 35                      | 1.0                     | 100  | 低周波増巾   | 2T 64   |
| 65     | "       | 25                      | 50                     | 80                     | < 15                    | .977            | 35                      | 1.0                     | 50   | "       | 2T 65   |
| 66     | "       | 25                      | 50                     | 80                     | < 15                    | .958            | 35                      | 0.8                     | 25   | "       | 2T 66   |
| 2SB 48 | PNP アロイ | -16                     | -100                   | 140                    | < -16                   | .973            | 25                      | 2.5                     | 43*  | 低周波小出力用 | 2T <sup>311</sup> <sub>312</sub> * I <sub>C</sub> =20mA |
| 49     | "       | -16                     | -100                   | 140                    | < -16                   | .985            | 25                      | 3.0                     | 83*  | "       | 2T <sup>313</sup> <sub>314</sub> * I <sub>C</sub> =20mA |
| 50     | "       | -16                     | -100                   | 140                    | < -16                   | .990            | 25                      | 3.5                     | 131* | "       | 2T315 * I <sub>C</sub> =20mA                            |

### \* 大信号低周波用

| 形 式      | 構 造     | 絶対最大規格 (Ta=25°C)        |                        |                        | 特 性 (Ta=25°C)           |                 |                         |                         | 用 途   | 旧 称      | 備 考   |
|----------|---------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------|----------|---|
|          |         | V <sub>CEO</sub><br>(V) | I <sub>C</sub><br>(mA) | P <sub>C</sub><br>(mW) | I <sub>CO</sub><br>(μA) | h <sub>fb</sub> | C <sub>ob</sub><br>(PF) | f <sub>ab</sub><br>(Mc) |       |          |   |
| 2SD63    | NPN アロイ | 25                      | 100                    | 100                    | < 10                    |                 | 35                      | 1.0                     | * 50  | 電力増巾     | 2T 69 * I <sub>C</sub> =10mA  |
| 2SB51    | PNP アロイ | -30                     | -200                   | 200                    | < -16                   | .973            | 25                      | 2.0                     | * 43  | 低周波中出力用  | 2T <sup>321</sup> <sub>322</sub> * I <sub>C</sub> =-20mA  |
| 52       | "       | 30                      | -200                   | 200                    | < -16                   | .985            | 25                      | 3.0                     | * 83  | "        | 2T <sup>323</sup> <sub>324</sub> * I <sub>C</sub> =20mA   |
| 142      | "       | -30                     | -1,000                 | 10W                    | < 1,000                 |                 | 200                     | * 7                     | △ 53  | 低周波大電力増巾 | 2T303 * f <sub>ae</sub> (KC), △ I <sub>C</sub> =-200mA  |
| 143, 145 | "       | -30                     | -1,000                 | 10W                    | < 1,000                 |                 | 200                     | * 7                     | △ 81  | "        | 2T <sup>303</sup> <sub>304</sub> * f <sub>ae</sub> (KC), △ I <sub>C</sub> =-200mA * 2SB143のPair |
| 144, 146 | "       | -30                     | -1,000                 | 10W                    | < 1,000                 |                 | 200                     | * 7                     | △ 165 | "        | 2T <sup>303</sup> <sub>304</sub> * f <sub>ae</sub> (KC), △ I <sub>C</sub> =-200mA * 2SB144のPair |

### \* 工業計測用

| 形 式    | 構 造                 | 絶対最大規格 (Ta=25°C)        |                        |                        | 特 性 Ta=25°C             |                 |                         |                         |                        |                  | 用 途               | 旧 称    | 備 考                           |
|--------|---------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|-------------------|--------|-------------------------------|
|        |                     | V <sub>CEO</sub><br>(V) | I <sub>C</sub><br>(mA) | P <sub>C</sub><br>(mW) | I <sub>CO</sub><br>(μA) | h <sub>fb</sub> | C <sub>ob</sub><br>(PF) | f <sub>ab</sub><br>(Mc) | P <sub>G</sub><br>(db) | hFE <sub>1</sub> |                   |        |                               |
| 2SD 61 | NPNアロイ              | 30                      | 100                    | 100                    | * < 10                  | .977            | 35                      | 1.0                     | —                      | 50               | 低 雑 音 増 巾         | 2T681  | * V <sub>BC</sub> = 25V       |
| 62     | “                   | 30                      | 100                    | 100                    | * < 10                  | .977            | 35                      | 1.0                     | —                      | 50               | 低 速 度 スイ ッ チ ン グ  | 2T682  | * V <sub>BC</sub> = 25V       |
| 2SC 78 | NPN グロン             | 15                      | 5                      | 30                     | * < 2                   | .977            | 1.5                     | 20                      | 26                     | —                | 中間周波コンバータ<br>増巾発振 | 2T 78  | * V <sub>BC</sub> = 13V       |
| 2SA125 | PNP マルチ<br>ディフュージョン | -15                     | 2                      | 15                     | * < 2                   | .98             | 1.3                     | 120                     | 28                     | —                | 中波コンバータ<br>増巾発振混合 | 2T205A | * V <sub>BC</sub> = -15V      |
| 2SB 53 | PNPアロイ              | -30                     | -250                   | 200                    | * < -10                 | .982            | 25                      | 3.0                     | —                      | 70               | 電 力 増 巾           | 2T383  | * V <sub>BC</sub> = -30V      |
| 140    | “                   | -40                     | -1,500                 | 12W                    | * < -150                | —               | 200                     | △ 7                     | —                      | 111              | 大 電 力 増 巾         | 2T301I | * V <sub>BC</sub> = 20V, ΔKC  |
| 141    | “                   | -60                     | -1,500                 | 12W                    | * < -150                | —               | 200                     | △ 7                     | —                      | 111              | 大 電 力 増 巾 高 耐 圧   | 2T302I | * V <sub>BC</sub> = -12V, ΔKC |



微小容量の標準に .....



0 10 20 30 40 50 mm

# MEIDEN CRYSTAL STANDARD CAPACITOR

## 熔融水晶標準コンデンサ

通産省電気試験所標準器部の御指導に依り製作した、  
熔融水晶を使用して居る標準コンデンサです。

### 性能

|        |   |
|--------|---|
| 容量範囲   | 0.001 PF ~ 1.0 PF (0.001, 0.01, 0.1, 1.0 PF)<br>1.0 PF ~ 150 PF |
| 偏差     | ± 1% 以下   |
| 周波数特性  | $5 \times 10^{-4}$ 以下 (30c/s ~ 5 Mc/s)                          |
| 温度特性   | $+ 2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$                           |
| 直流漏洩抵抗 | $10^{10} \Omega$ 以上   |
| 損失角    | $10^{-3}$ rad 以下  |

### 特長

1. 誘電体として熔融水晶を使って居ますから物理的、化学的に充分安定であります。
2. 電極が誘電体に膜状に密着して居るので相互の関係が堅牢安定で容量値の変動がありません。
3. 熱膨脹係数が充分小さいので温度変化に対する容量変化が極めて少ない。
4. 特殊構造にて総合性能が非常に優れて居る。



株式  
会社

明 電 舎

東京都千代田区大手町 2-4 (新大手町ビル 8階) 電話東京 (211) 3 1 1 1

東京 大阪 名古屋 福岡 札幌 金沢 仙台 高松



# Parametron

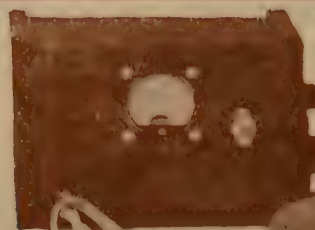
(素子から計算機まで)  
を使った機器なら  
何でも御用命下さい



大井電気株式会社

横浜市港北区菊名町864  
Tel 横浜(49)1141・1043

# アイソレーター及び回転型抵抗減衰器



## アイソレーター

**特長** このアイソレーターは  
周波数に応じて励磁電流を調整し最大の逆方向損失が得られる

| 型 名    | 周 波 数<br>(G c / s) | 導 波 管            | 挿 入 損 失 (d b) |        | 逆 方 向 損 失 (d b) |      | V. S. W. R | 寸 法 |
|--------|--------------------|------------------|---------------|--------|-----------------|------|------------|-----|
|        |                    |                  | 中 心           | 帯 域    | 中 心             | 帯 域  |            |     |
| TFR-10 | 8.6~9.6            | WRJ-10<br>BRJ-10 | 0.7 以下        | 1.0 以下 | 35以上            | 20以上 | <1.25以下    | 300 |
| TFR-24 | 22.5~24.5          | WRJ-24<br>BRJ-24 | 0.8 〃         | 1.0 〃  | 35 〃            | 18 〃 | <1.25 〃    | 150 |
| TFR-34 | 34.5~36.8          | WRJ-34<br>BRJ-34 | 0.8 〃         | 1.2 〃  | 30 〃            | 12 〃 | <1.4 〃     | 150 |
| TFR-50 | 44.0~50.0          | WRJ-50<br>BRJ-50 | 1.0 〃         | 1.5 〃  | 30 〃            | 12 〃 | <1.5 〃     | 130 |

## 回転型抵抗減衰器

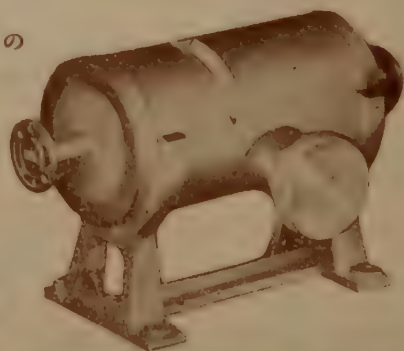
| 型 名     | 周 波 数<br>(G c / s) | 導 波 管  | 減 衰 量<br>(d b) | 挿 入 損 失<br>(d b) | V. S. W. R | 寸 法 | 較 正 点    |
|---------|--------------------|--------|----------------|------------------|------------|-----|----------|
| TPCA-24 | 22~25              | WRJ-24 | 0~40           | 0.5 以下           | <1.2 以下    | 200 | 中心及び両端3点 |
| TPCA-34 | 33~37              | WRJ-34 | 0~40           | 0.8 以下           | <1.25以下    | 150 | 〃        |
| TPCA-50 | 42~52              | WRJ-50 | 0~40           | 1.2 以下           | <1.3 以下    | 125 | 〃        |

**特長** この回転型抵抗減衰器は

- (1) 周波数によって減衰量に変化せず、回転角のみに関係し、理論値とよく一致する
- (2) 減衰量を変える際の位相変化がない

### 主要製造品目

各種電波分光装置 ● マイクロ波管 ● 電磁石等の  
高安定電源 ● その他精密電子応用機器



# 東京電気精機株式会社

本社 東京都十代田区神田仲町2の11  
Tel (251) 9186 (代) 4414  
工場 文京工場・立川工場



# TV用 2信号 信号発生器

## MSG-261 標準TV信号発生器

本器はTV受像機試験法の規格に準じて製作された信号発生器で、TV生産工場において受像機の総合試験および研究・調整に適し、映像および音声搬送波の周波数精度は各0.002%以内で、映像搬送波はビデオ周波数帯にて85%の変調が可能である。



### 性能

#### (1)映像搬送波信号発生部 搬送波周波数

| 第1～第12チャンネル中の<br>連続3チャンネル |          | 第1～第12チャンネル中の<br>連続3チャンネル |          |
|---------------------------|----------|---------------------------|----------|
| チャンネル1                    | 91.25Mc  | チャンネル4                    | 171.25Mc |
| 2                         | 97.25Mc  | 5                         | 177.25Mc |
| 3                         | 103.25Mc | 6                         | 183.25Mc |
| チャンネル7                    | 189.25Mc | チャンネル10                   | 205.25Mc |
| 8                         | 193.25Mc | 11                        | 211.25Mc |
| 9                         | 199.25Mc | 12                        | 217.25Mc |

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| 周波数精度     | ± 0.002% 以内          |
| 出力電圧範囲    | 開放端にて 114dB～0 dB     |
| 出力電圧精度    | ± 1 dB 以内            |
| 出力インピーダンス | 75Ω VSWR 1.2以下       |
| 変調方式      | 振巾負変調 内部、外部<br>0～85% |
| 内部変調周波数   | 400%, ± 5% 以内        |
| 外部変調周波数特性 | 基準変調特性に対し            |

|     |                      |
|-----|----------------------|
|     | 0.1Mc ± 1dB,         |
|     | 1Mc + 1dB, -1.5dB    |
|     | 4Mc + 1dB, -3 dB     |
| 波形歪 | 60% 矩形波に対しサグ<br>5%以下 |

|      |                 |
|------|-----------------|
| 非直線歪 | 85%変調にて<br>5%以下 |
|------|-----------------|

|           |  |
|-----------|--|
| 外部変調入力レベル | 75Ω 1.4V <sub>p-p</sub> 以下で<br>85%変調可能 |
|-----------|--|

|       |                    |
|-------|--------------------|
| S N 比 | 50%変調にて<br>50dB 以上 |
|-------|--------------------|

(3)電源入力 100V 50/60% 3A

#### (2)音声搬送波信号発生部

##### 搬送波周波数

| 第1～第12チャンネル中の<br>連続3チャンネル |          | 第1～第12チャンネル中の<br>連続3チャンネル |          |
|---------------------------|----------|---------------------------|----------|
| チャンネル1                    | 95.75Mc  | チャンネル4                    | 175.75Mc |
| 2                         | 101.75Mc | 5                         | 181.75Mc |
| 3                         | 107.75Mc | 6                         | 187.75Mc |
| チャンネル7                    | 193.75Mc | チャンネル10                   | 209.75Mc |
| 8                         | 197.75Mc | 11                        | 215.75Mc |
| 9                         | 203.75Mc | 12                        | 221.75Mc |

|           |  |
|-----------|--|
| 周波数精度     | ± 0.002%                                       |
| 出力電圧範囲    | 開放端にて 114dB～0 dB                               |
| 出力電圧精度    | ± 1 dB 以内                                      |
| 出力インピーダンス | 75Ω VSWR 1.2以下                                 |
| 変調方式      | FM (内外), AM (内)<br>単独および同時変調,<br>75μs プリエンファシス |

|         |                  |
|---------|------------------|
| 内部変調周波数 | FM 400% ± 5% 以内  |
|         | AM 1000% ± 5% 以内 |
| 変調度     | FM 25kc (100%)   |
|         | AM 30%           |

|        |                           |
|--------|---------------------------|
| 外部変調特性 | FM 30%～15kc, ± 1 dB<br>以内 |
|--------|---------------------------|

|           |                              |
|-----------|------------------------------|
| 外部変調入力レベル | 600Ω 5V 以下にて,<br>FM 100%変調可能 |
| 変調歪       | FM 100%変調にて<br>2%以下          |

|  |                        |
|--|------------------------|
|  | AM 30%変調にて<br>5%以下     |
|  | FM 100%変調にて<br>50dB 以上 |
|  | AM 30%変調にて<br>50dB 以上  |

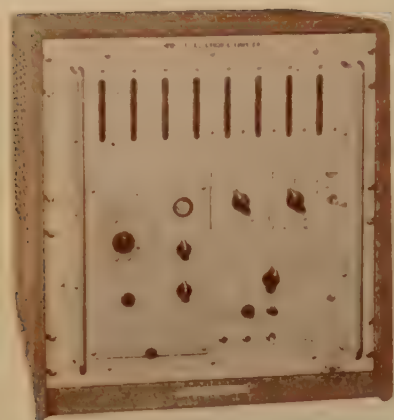
S N 比



# 目黒電波測器株式会社

(国電エビス駅  
より東急バス  
五本木下車)

東京都目黒区上目黒五丁目二六五八番地 電話 (712) 1166 (代) ~9・1160



-TR-111



-TR-278

# タケダ理研の エレクトロニック カウンタ トリオ

-TR-111 + -TR-112A/B + -TR-278

カウンタ

アクセサリ・ユニット

デジタル・プリンタ

**0~220 MC,  $0.3\mu s \sim 10^7 s$ , accuracy  $\pm 1 \pm 5 \times 10^{-8}$**

1. **-TR-111** 10cps~220MCにわたる広範囲の周波数,  $0.3\mu s \sim 10^7 s$ にわたる時間々隔測定, ほぼ0 cps~10 KCにわたる周期等の高精度測定のできる最高級エレクトロニック・カウンタ
2. **-TR-110** 10cps~2 MCの周波数測定, 0~10 KCの周期測定,  $3\mu s \sim 10^5 s$ の時間々隔測定等, 1台の6つの基本的機能をもつ高性能ユニバーサル・エレクトロニック・カウンタ
3. **-TR-109B** 10cps~200KCの周波数測定, 0~10 KCの周期測定,  $30\mu s \sim 10^4 s$ の時間々隔測定等が1台でできるユニバーサル・エレクトロニック・カウンタ
4. **-TR-108D** 現場に研究室の精密さをもたらす小型高性能のエレクトロニック・カウンタ  
周波数10cps~200 KC, 時間  $100\mu s \sim 10^3 s$
5. **-TR-124B** オーディオ周波数, 回転数等の現場における精密測定用につくられた超小型カウンタ・デジタルベツト
6. **-TR-278** -TR-111/110/109B/108Dと連動して計数結果をただちに印字するデジタル・レコーダ



-TR-124B

-TR-108D

-TR-109B

-TR-110A/B/C/D

タケダ理研工業株式会社 ・ 東京都練馬区旭町285・Tel (933) 4111 代



日 米 英 特 許  
HIGH  
PRECISION  
PATENTED

# 世界水準を上まわる!! J. MICRO MOTOR

科学技術庁長官賞受賞  
特許庁長官賞受賞  
大河内記念賞受賞  
朝日新聞奨励賞受賞  
科学技術庁注目発明選定

高信頼度 高追従性 安定性能

D. C. SERVO MOTOR, SERVO MOTOR GENERATOR

マイクロモーターは独特の構造をもつ極めて精巧な微小形低損失直流電動機で、短起動時定数、高信頼度を有し、自重 100 g のモーターの能率 73% という 1/2 HP の直流電動機の能率に匹敵する高性能モーターである。

特に使用経過による作動電流の漸増傾向は全くなく性能は均一かつ安定である。

当社で定めた規格テーブルの数値と製品性能との差異はなく、詳細な仕様規格によって納入します。

## 特

- (1) 各個特性の偏差が極めて少い
- (2) 直径 18 mm 重量 43 g
- (3) 高能率 0.5 W型 52% 2 W型 73%  
(連続定格出力時)
- (4) 定格負荷連続作動 2,000 時間以上
- (5) 右転、左転特性一致

## 徴

- (6) -50°C~100°C で作動
- (7) 定格出力時定格回転数 3,000,  
5,000 r.p.m.
- (8) 180 g の加速度に耐える
- (9) Hg 10<sup>-3</sup>mm において作動
- (10) 短起動時定数 0.02 秒以下

## 製 造 品 目

微小形低損失直流電動機  
微小形低損失直流発電機

微小形速度計発電機付直流電動機  
信号用直流電動機



前列左より タコジェネレーター内蔵サーボ用マイクロモーター、同軸切換装置内蔵マイクロモーター及び CL-3 R, CL-3 R, CL-2 A, CL-2 A, マイクロモーター  
後列左より CL-2 A ギヤドマイクロモーター、CL-4 B マイクロモーター、CLS-3 R, CLS-3 R, CLS-2 A, CLS-2 A (ガバナー付) マイクロモーター

トランジスタテープレコーダー用普及品もございます

# 日本マイクロモーター株式会社

東京都目黒区下目黒 4-851 番地 電話 (713) 代表 2137~9

# 最大の容量を誇る!!

## A-24000-1号

# ゲルマニウム整流装置



日本電信電話公社

東京総合局用A-24000-1号ゲルマニウム整流装置

交流 3φ 3300 V 50 c/s, 直流 55.2 V 24000 A 自動制御および遠隔操作方式

### 特 長

- 1) 限られた局舎内で床面積の縮小、保守・点検・接点、便なシステム・モジュール方式の配置
- 2) ホール効果を利用した大電流計による計測
- 3) 大容量切替電磁開閉器の採用
- 4) 保守・点検し簡便な特殊構造の整流体トレイ方式の採用
- 5) 負荷変動に對應し、3倍容量を加味した蓄電池方式ならび、負荷に定めた自動並列運転方式の採用
- 6) 換流回路の故障・異常等を容易に監視することによる一括制御方式（監視および遠隔操作）の採用

### 営 業 品 目

シリコン・ゲルマニウム・セレン整流器・セレン光電池・

ホール大電流計・スポット溶接機・合成樹脂塗料



# オリジン電気株式會社

本社・工場 東京都豊島区高田南町1-195 電話 東京 (982) 1161 (代) 3155 (代)  
大阪営業所 大阪市福島区上福島南1-47 電話 大阪 (45) 2 4 0 5 (代)  
福岡出張所 福岡市下 鯛 町 10 電話 福岡 (2) 6 8 8 3



# N-500 直流増幅器



## 特 徴

1. 測定周波数が 2 kc~15 Mc で非常に広帯域である。
2. 周波数特性が 100 Mc 迄 -0.5 dB 以内, 150 Mc 迄 -1.5 dB 以内で特性がよい。
3. 増幅度 40 dB で利得が高い。

## 規 格

周波数範囲 2 kc~150 Mc

利 得 40 dB

最大出力 10 V 100  $\Omega$  負荷に対し

周波数特性 高域 100 Mc -0.5 dB 以内

150 Mc -1.5 dB 以内

低域 10 kc -0.5 dB 以内

2 kc -3.0 dB 以内

ただし 100  $\Omega$  電源より 0.1  $\mu$ F で結合

雑音指数 10 dB 以下

遅延時間 約 0.014  $\mu$ s 以下

立上り時間 約 0.005  $\mu$ s 以下オーバーシュート

ほとんどなし

入出力インピーダンス 各 100  $\Omega$

電 源 AC 100 V 50/60 c/s

寸法・重量 600×410×380 m/m 約 52 kg

## 特 徴

1. 高感度で最小  $\pm 0.1 \mu$ V より測定出来る。
2. 増幅度が最大 140 dB で非常に大である。
3. 雑音が  $\pm 0.05 \mu$ V 以下で稀少である。

## 規 格

利 得 140 dB, 120 dB, 100 dB, 80 dB  
4 レンジ

出力電圧 最大  $\pm 10$  V 10 k $\Omega$  負荷にて

入力電圧 最小  $\pm 0.1 \mu$ V 最大  $\pm 1$  mV

入力指示計 最大指示 1  $\mu$ V, 10  $\mu$ V, 100  $\mu$ V,  
1 mV 4 レンジ

周波数応動 DC~2%

確 度 定格値の  $\pm 2\%$

零点安定度  $\pm 0.05 \mu$ V/H 以下

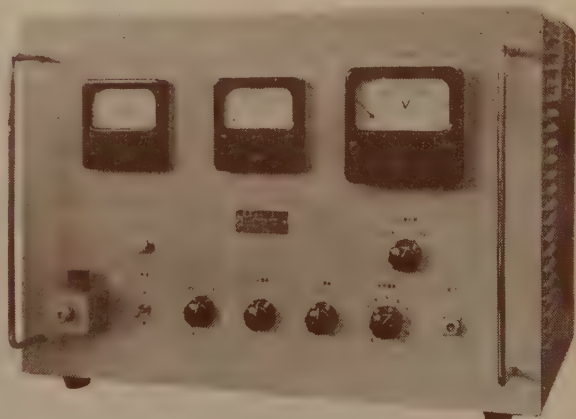
雑 音  $\pm 0.05 \mu$ V 以下

入力抵抗 約 20  $\Omega$

電 源 AC 100 V 50/60 c/s 約 60 VA

寸法・重量 482×222×272 m/m 約 15 kg

# N-511 広帯域分布増幅器



# 日本電波株式会社

東京都品川区東中延 4-1402  
TEL (781) 7181 (代) 7155 (代)

カタログ呈



# リコー自動電圧調整装置

凡ゆる機器の制御は電源電圧の自動制御から……………

専門メーカーのリコー定電圧装置は負荷機器の種類により磁気増幅型 (MR 型) 摺動変圧型 (MDR 型) 鉄共振型 (FR 型) の3群に岐け製作いたしております。各電力会社, 有力産業会社, 学校の現場或いは研究室用の電源として多数御採用賜り, 絶対の信頼を頂いております。

自動電圧調整装置標準仕様

| 型 式                   | 入力電圧<br>変動範囲    | 周 波 数<br>変化範囲   | 出力電圧<br>精 度 | 負荷変化<br>範 囲 | 応答時間                | 製作機<br>容 量  |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|
| 鉄共振型                  | 70~120 V        | 50 c/s          | ±1% 以内      | 0~100%      | 即 応                 | 100 VA      |
|                       | 又ハ<br>170~240 V | 又ハ<br>60 c/s    |             |             |                     | ~<br>5 kVA  |
| 摺動<br>変 圧 型           | 70~120 V        | 影響なし            | ±2% 以内      | 0~100%      | 平均<br>2.5 V/秒<br>以内 | 1 kVA       |
|                       | 又ハ<br>140~240 V |                 |             |             |                     | ~<br>50 kVA |
| 磁<br>増<br>精<br>密<br>級 | 80~120 V        | 46~52 c/s       | ±0.5%<br>以内 | 0~100%      | 0.2 秒<br>以内         | 100 VA      |
|                       | 又ハ<br>160~240 V | 又ハ<br>56~62 c/s |             |             |                     | ~<br>30 kVA |

変圧器摺動型 1φ 20 kVA

磁気増幅器型新資料贈呈

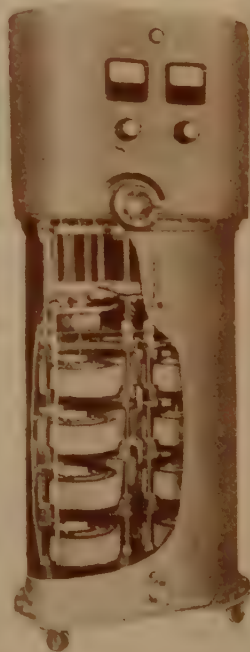
## スライド・トランス 摺動 変圧器

スライド・トランスの用途は電気応用機器の発展と多岐化にともないテレビの電圧調整器から電力, 電機会社の設備用迄広範囲にわたっております。

弊社ではスライド・トランスの利点を御認識願ひ度く, 日夜凡ゆる部品, 機構の研究を続け, 海外迄広く御利用願っております。

現在用途別に次の型式のものを製作いたしております。

| 型 式          | TYPE      | 使 用 法                     | 製 作 容 量                             |
|--------------|-----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 据置式          | RS<br>RSD | 操作ハンドルが垂直に取付けられ据置の位置で使用する | 1φ 100 VA~10 kVA<br>3φ 2 kVA~30 kVA |
| パネル<br>取付型   | PS        | 制御盤等に直接取付けて使用する           | 1φ 100 VA~3 kVA                     |
| 横 式          | SS        | 筐体内部に組込んで使用する又は壁掛式で使用する   | 1φ 4 kVA~10 kVA<br>3φ 1.73~17.3 kVA |
| 油 入<br>自 冷 式 | OS        | 耐爆・耐酸性を必要の場合又は大容量のもの      | 1φ 500 VA~3φ 50 kVA                 |



3φ 40 kVA 200 V/0~240 V  
リコー OS 型  
スライド・トランス  
三菱電機 (株) 殿納入



# 東京理工舎

東京都北区田端新町 2-5 電話 (807) 0171 代 4

カタログ資料  
急送申上ます



# パルス

# 発生器

本器は各種コアの試験研究用の電流パルス発生器で、電流励振部は、正および負の2つの電流励振部からなり、おのおの2つの入力回路とクリップ回路を有しており、合計4種類の電流値を独立に選定できるようになっている。選定された4種類の電流パルスは、プログラムスイッチによってプログラムすることができ、任意のものを基準として遅延させることができる。

## 性能

繰返し周波数 2kc~20kc 連続可変  
振巾 最大 1A "  
立上り時間 0.1~1 $\mu$ S "  
下り時間 0.3~1 $\mu$ S "  
パルス巾 1~10 $\mu$ S "  
サグおよびオーバーシュート  $\pm 2\%$  以下

ダブルパルスゼネレーター



MODEL SPG-3型



プログラムパルスゼネレーター  
MODEL SCP-201型

## 性能 (SPG-3型)

パルス巾 0.2 $\mu$ S~20 $\mu$ S  
出力極性 正 及 負  
出力電圧 1000 $\Omega$  負荷 -150V, +30V  
75 $\Omega$  負荷 -10V, +2V  
出力波形 立上り時間 0.07 $\mu$ S  
下り時間 0.2 $\mu$ S  
サグ及びオーバーシュート  
平均振巾の $\pm 5\%$  以下

パルス間隔 0~100 $\mu$ S

パルス繰返し周波数

内部 1PPS~10000PPS

外部 1PPS~10000PPS

外部同期入力 正弦波にて5VRMS以上で可能  
同期信号 正10V, 第1パルスの前5 $\mu$ S 先行  
50% 振巾仙約1 $\mu$ S

電源 100V $\pm 5\%$  50~60CPS

外形寸法 320 $\times$ 540 $\times$ 350 mm

重量 約31kg

所要電力 320VA

|       | PULSE巾          | 下り              | P.R.R    | 出力電圧      | DELAY            | ATT +シノ<br>出力1mP | ATTアノ<br>出力1mP | A/T  |
|-------|-----------------|-----------------|----------|-----------|------------------|------------------|----------------|------|
| SPG-5 | 0.07~10 $\mu$ S | 0.025%<br>0.025 | 50~5kc   | 50V       | +10~-100 $\mu$ S |                  | 50 $\Omega$    | 60db |
| SPG-4 | 0.2~50 $\mu$ S  | 0.05%<br>0.15   | 10~100kc | 20V       | -5~-500 $\mu$ S  | +200K            |                |      |
| SPG-2 | 0.2~20 $\mu$ S  | 0.05%<br>0.15   | 100~10kc | 20V       | -10~-150 $\mu$ S |                  | 50 $\Omega$    | 60db |
| SPG-1 | 0.5~50 $\mu$ S  | 0.05%<br>0.15   | 50~50kc  | 20V<br>2V | -10~-150 $\mu$ S | +200K            | 75 $\Omega$    | 60db |

SANWA

有限  
会社

# 三和電子製作所

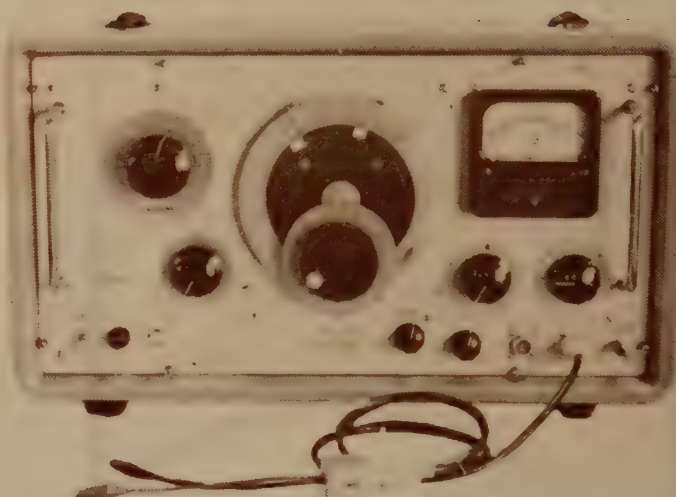
東京都北多摩郡国分寺町恋ヶ窪1080 電話 国分寺(108局)五九七

(三和無線測器研究所のパルス部・電子部が以上のように独立いたしました。)

# 広帯域標準信号発生器

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| 周波数    | 10～10Mc                              |
| 発振方式   | ウィンブリヂ方式                             |
| 周波数帯   | 6バンド十進法                              |
| 目盛     | 直読単一目盛                               |
| 安定度    | 1MC於て $10^{-4} \sim 10^{-5}$         |
| 確度     | $\pm 1\%$                            |
| 出力     | 600Ω 及 75Ω                           |
| 可変出力   | 600Ω r.m.s 8V<br>P-P20               |
| アッテネター | 75Ω rms 2V<br>0～100db P-P20V         |
| ダイヤル精度 | 1目盛1000分の1                           |
| 歪率     | 1%以内                                 |
| 電源     | 100V 50～60 $\infty$                  |
| 寸度     | 300×530×310                          |
| 重量     | 26kg                                 |
| 出力特性   | 10～1MC=0db<br>1MC～10MC= $\pm 0.4$ db |

SG-12A



# 携帯型 CR信号発生器

|         |                             |
|---------|-----------------------------|
| 周波数     | 1～1MC                       |
| 発振方式    | ウィンブリヂ方式                    |
| 周波数帯    | 6バンド十進法                     |
| 目盛      | 直読単一目盛                      |
| 安定度     | 1MC～ $10^{-4} \sim 10^{-5}$ |
| 確度      | $\pm 1\%$                   |
| 出力      | 0～35V rms                   |
| インピーダンス | 75Ω 600Ω<br>5KΩ 10KΩ        |
| 出力特性    | 1～1MC 0.5db<br>1～2～10%      |
| 歪率      | 3～10～5%<br>10～1MC 1%        |
| 電源      | 100V 50～60 $\infty$         |
| 寸度      | 高さ 横巾 奥行<br>315×208×375     |
| 重量      | 18kg                        |

CR1-1

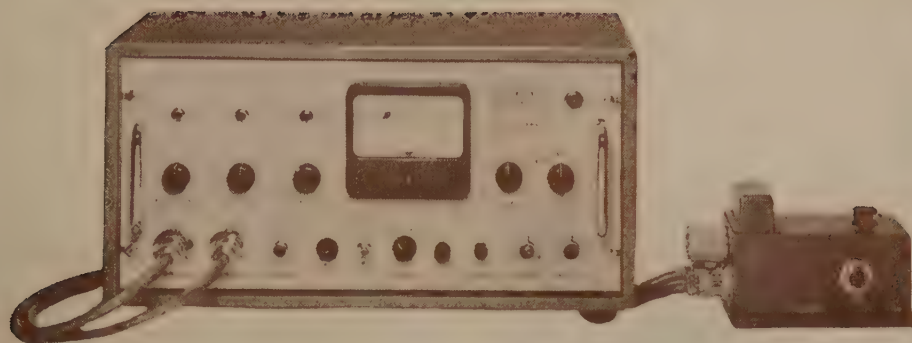


## 木村高周波研究所

東京都目黒区東町五四 電話 (711) 2971



# 超微小電流計 超絶縁計 電位計



MMA II-16型

$10^{-16}A$   $0.1mV$   $10^{18}\Omega$

最古の歴史  
最高の性能  
最高の信頼度  
長期無故障

## 振動容量型

## 直流増巾器型

振動容量型

| 型           | 電流感度/目盛                    | 電圧感度/目盛        | 入力抵抗                       | レンジ | 絶縁測定             |
|-------------|----------------------------|----------------|----------------------------|-----|------------------|
| MMA III-12型 | $10^{-8} \sim 10^{-12} A$  | $1 \sim 10 mV$ | $10^6 \sim 10^9 \Omega$    | 5   | $10^{15} \Omega$ |
| MMA III-13型 | $10^{-9} \sim 10^{-13} A$  | $1 \sim 10 mV$ | $10^7 \sim 10^{10} \Omega$ | 5   | $10^{16} \Omega$ |
| MMA III-14型 | $10^{-10} \sim 10^{-14} A$ | $1 \sim 10 mV$ | $10^8 \sim 10^{11} \Omega$ | 5   | $10^{17} \Omega$ |
| MMA III-15型 | $10^{-11} \sim 10^{-15} A$ | $1 \sim 10 mV$ | $10^9 \sim 10^{11} \Omega$ | 5   | $10^{18} \Omega$ |

|             |                           |                  |                            |    |                            |
|-------------|---------------------------|------------------|----------------------------|----|----------------------------|
| MMA II-16型  | $10^{-8} \sim 10^{-16} A$ |                  | $10^6 \sim 10^{12} \Omega$ | 11 |                            |
|             |                           | $0.1 \sim 10 mV$ | $10^{10}$ 以上               | 5  |                            |
|             |                           |                  | $10^6 \sim 10^{12} \Omega$ | 11 | $10^4 \sim 10^{18} \Omega$ |
| MMA II-16P型 | パネル型にて性能はMMA II-16型と同じ    |                  |                            |    |                            |

振動容量型電位計

|             |  |                    |                           |    |  |
|-------------|--|--------------------|---------------------------|----|--|
| SSV III-14型 |  | $1 \sim 3000 mV$   | $10^7, 10^{12} \Omega$ 以上 | 8  |  |
| SSV III-15型 |  | $1 \sim 3000 mV$   | $10^7, 10^{12} \Omega$ 以上 | 8  |  |
| SSV II-16型  |  | $0.1 \sim 3000 mV$ | $10^7, 10^{12} \Omega$ 以上 | 10 |  |

直流増幅器型  
(乾電池電源型)

|           |                           |        |                        |   |                           |
|-----------|---------------------------|--------|------------------------|---|---------------------------|
| MMA V-10型 | $10^{-9} \sim 10^{-10} A$ | $5 mV$ | $5 \times 10^7 \Omega$ | 6 | $5 \times 10^{16} \Omega$ |
| MMA V-11型 | $10^{-8} \sim 10^{-11} A$ | $5 mV$ | $5 \times 10^8 \Omega$ | 6 | $5 \times 10^{17} \Omega$ |

直流増幅器型  
(AC電源型)

|            |                           |        |                        |   |                  |
|------------|---------------------------|--------|------------------------|---|------------------|
| MMA VI-10型 | $10^{-9} \sim 10^{-10} A$ | $5 mV$ | $5 \times 10^7 \Omega$ | 6 | $10^{12} \Omega$ |
| MMA VI-11型 | $10^{-8} \sim 10^{-11} A$ | $5 mV$ | $5 \times 10^8 \Omega$ | 6 | $10^{13} \Omega$ |
| MMA VI-12型 | $10^{-7} \sim 10^{-12} A$ | $5 mV$ | $5 \times 10^9 \Omega$ | 6 | $10^{14} \Omega$ |

カタログは誌名御記入の上御申込み下さい。



株式会社 川口電機製作所

東京都港区芝白金三光町7-1  
TEL 白金(441) 8312・6141~6143



100V 5kVA

# 静止型磁気増巾器交流自動電圧調整器

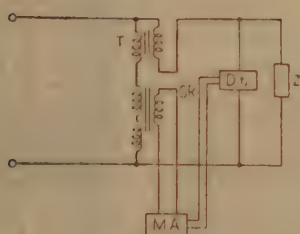
これまで種々の原理のものが考えられていますが、実用に供されている主なものは ①並列共振型 ②静止的挿入電圧加減法 ③昇減圧タップ無接点切換法の3種です。当社の方式は ②によっています。

また、MA-L型では検出装置に基準定電流装置を使用していますので、破損、劣化の懸念される部分は全くなく信頼度をますます高めています。

標準性能および製作容量

| 仕 機     | MA-H 型                                | MA-L 型                        |
|---------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 出力 精 度  | 100または200V $\pm 0.2\%$<br>(0.1%製作可能)  | 100または200V $\pm 0.5\sim 1\%$  |
| 入 力 電 圧 | 100または200V $\pm 15\%$                 | 100または200V $\pm 15\%$         |
| 周 波 数   | 50または60Hz $\pm \frac{1}{4}\%$         | 50または60Hz $\pm \frac{1}{4}\%$ |
| 負 荷 変 動 | 0 ~ 全 負 荷                             | 0 ~ 全 負 荷                     |
| 負 荷 力 率 | 遅 れ 6 0 %                             |                               |
| 波 形 歪 率 | 5 % 以 内                               | 5 % 以 内                       |
| 応 答 時 間 | 0.2 秒 以 内                             | 0.4 秒 以 内                     |
| 標準製作容量  | 100.200.300.500V A<br>1.2.3.5.10K V A | 3.5.10.20.30K V A             |
| 検 出 器   | 定電圧放電管                                | 磁気式定電流装置                      |

回路図



T : 昇圧変圧器

MA : 磁気増巾器

SR : 可飽和リアクトル

Dt : 検出器

AVRの総合専門メーカー

## 済美電気株式会社

東京都 世田谷区 代田1の353 TEL 414局 5156 (代表)





# アルミシースケール



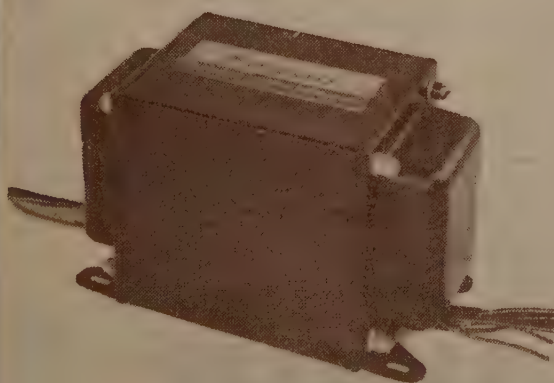
## 大日電線株式会社

本店 尼崎市東向島西之町 8 番地  
 大阪事務所 大阪市北区梅田 7 番地(梅田ビル)  
 東京支店 千代田区丸の内 1 の 6 番地(海上ビル)

電源トランスに安定作用をもたせた画期的な新製品!

Sansui

# 山水の定電圧型電源変圧器



従来の電源トランスと同じようにヒーター電源、プレート電源、その他数回路の出力を持つ定電圧型電源変圧器で、新回路構成により小型、低歪率、高精度の特徴を持っております。

測定器などシャーシーに直接組み込みますから、コンパクトで高い信頼性を持つ機器の製作が可能であります。

### 規格例

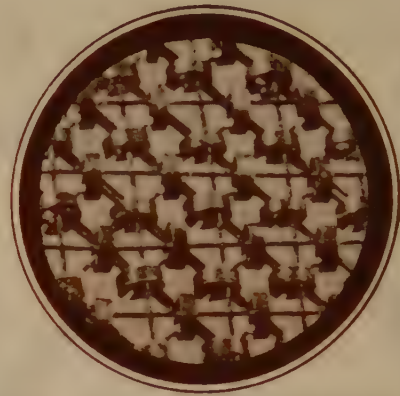
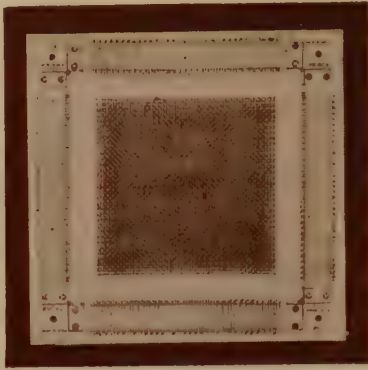
- 入力電圧 80~110V
- 周波数 50%または60%
- 出力 350V×2, 200mA  
5V, 2A  
6.3V, 4A
- 安定度 入力電圧 80V~110Vの変動に対し  
出力電圧 ±1%以内(全負荷)
- 波形歪 7%以下



カタログ進呈 下記へお申し込み下さい

山水電気株式会社

本社 東京都杉並区和泉町 760番地 電話(328)代表0111番~10  
 大阪営業所 大阪市都島区都島南通り 4-8 電話堀川(35)8009・7819番  
 名古屋営業所 名古屋市中区宮出町4番地 電話中(24)6240番



## 電子計算機・自動制御回路に 高速記憶回路素子 メモリー・マトリックス

TDKメモリー・マトリックスは、電子計算機や自動制御回路の高速記憶回路素子で、TDKオキサイドコアを数万個も組合せたものです。その優秀な特性は広く世界に認められ、国内はもとより、海外メーカーにもご使用願っています。

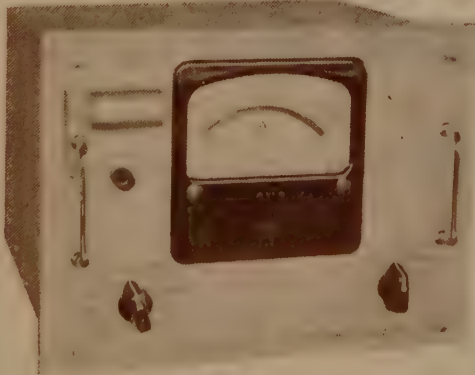


東京電気化学工業株式会社

## 誘導に強い！大倉の微小電圧(電流)計を

0.5  $\mu$ V、 $10^{-11}$  A迄安定に測定出来ます。

(特許 181159)  
185424)



微小直流電圧 (電流) 計

(目盛)

0 ~ 50  $\mu$ V 乃至 0 ~ 2000  $\mu$ V 6Vレンジ切替

0  $\pm$  25  $\mu$ V 乃至 0  $\pm$  1000  $\mu$ V  $\kappa$

0 ~  $1 \times 10^{-9}$  A 乃至 0 ~  $2 \times 10^{-6}$  A 11レンジ切替

0  $\pm$   $5 \times 10^{-10}$  A 乃至 0  $\times$   $1 \times 10^{-6}$  A  $\kappa$

(用途)

熱電対の校正、熱電対電圧示差熱光電管電流、イオン化電流の測定及び電位差計ホイートストンブリッジの検電器として使用出来ます。

(誌名記入申込にカタログ進呈)

(営業品目)

LCRチェッカー 周波計 セルメーター電子管式記録計 ナレメーター装置各種工業用計器

米国swartwout社  
と技術提携



大倉電気株式会社

本社 東京都杉並区西田町2丁目407番地 電話 (398) 5111 (代表)  
大阪出張所 大阪市北区芝田町112 井上ビル24号室 電話 (36) 5791-5, 5891-5 (交換)  
小倉出張所 小倉市博労町63富士ビル44号室 電話 小倉 (5) 8621



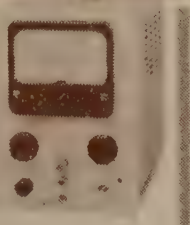
## RC低周波発振器 ORC-44

本機は 18cps~20kc の平衡出力  
(出力インピーダンス 600  $\Omega$ )  
10dBm 以下を取出せる小型・軽量  
のウィーン型低周波発振器です。



## LCメータ 231型

本機は 0~300pF の容量 および  
0~300 $\mu$ H のインダクタンスをそれ  
ぞれ 5 レンジに分けて大型メータで  
直読でき、精度はやや落ちるが中央  
目盛が 300pF ( $\mu$ H) のレンジを備  
え、0.01 $\mu$ F および 10mH 程度まで  
の測定が可能です。また、印  
加電圧が小さく、ガード端子の使用  
によりストレイ容量等を消去でき、  
回路中に組込まれた部品、真空管電  
極間容量等の測定に最適です。



|           |                                  |                 |
|-----------|----------------------------------|-----------------|
| 電源        | 100V, 50/60cps                   | 約 26V A         |
| 寸法・重量     | 最大部 340×192×228mm <sup>3</sup>   | 約 6.8kg         |
| 周波数レンジ    | ×1 18~200cps                     | ×10 180cps~2kc, |
|           | ×100 1.8~20kc                    |                 |
| 周波数精度     | ±(1.5%+1cps)                     |                 |
| 出力インピーダンス | 600 $\Omega$ ±15% 平衡             |                 |
| 最大出力      | (600 $\Omega$ 負荷) 10dBm          |                 |
| 歪率        | 250cps以上 0.5%以下, 100cps以上 0.7%以下 |                 |
|           | 50cps以上 1%以下, 20cps以上 1.5%以下     |                 |
| 出力電圧周波数特性 | ±1dB 以内                          |                 |
| 出力電圧安定度   | 電源電圧の±10% 変動に対し ±0.2dB 以内        |                 |

主要営業品目 真空管電圧計  
オシロスコープ  
低周波発振器  
矩形波発生器



### 株式会社 菊水電波

本社 東京都太田区馬込町西 4 の 67 電話 (771) 9191~5  
玉川工場 川崎市新丸子東 3 の 1175 電話 (047) 3073・6224・6281

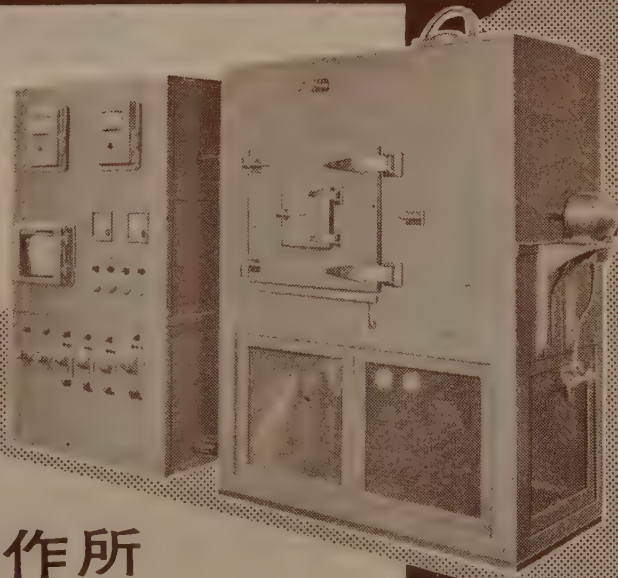


## 冷凍機付 恒温恒湿槽

-60°C ~ +80°C

### 製品主目

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 恒 | 温 | 恒 | 湿 | 槽 |
| 電 | 気 | 低 | 温 | 度 |
| 電 | 気 | 恒 | 温 | 槽 |
| 送 | 風 | 式 | 電 | 乾 |
| 各 | 種 | 試 | 験 | 機 |



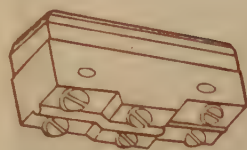
日立冷凍機特工店

### 株式会社 奥村製作所

東京都板橋区熊野町 3 5 電話 (961) 1596・2728

世界に燦然たり……

1960年



# 2極マイクロスイッチ群

日本の技術  
が生んだ

革新

技術

世界で最初  
にして唯一

## 特徴と性能

この2極マイクロスイッチは本邦に於いては勿論、又その品種に於いては従来の単極の基本型と同一に絶ゆる品種が完成致しましたことは世界でも最初の画期的なものです。この成功の理由は本器が応答の動き(M.D.)に於いて外国品の欠陥(応答の動きが大きいこと。これは2極マイクロスイッチが海外に於いても、国内に於いても普及されない理由の一つと考えられます)を完全に除去したこと。これは正しくマイクロスイッチの革命、新分野への開拓とまで云われる理由です。そして更に特徴は次の如く追加されるのです。

- |                                       |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| (1) 外寸、取付位置は単極基本型と同一                  | 耐圧 1000V. A.C. 一分間       |
| (2) 機械的寿命は50万回以上、接点間隔は従来の単極品より広い。     | 絶縁抵抗 500V. 1000MΩ以上      |
| (3) 動作力、応答の動きも単極型と同一                  | 動作に必要な力 (O. F.) 300~450g |
| (4) 単極品を2ヶ並べて使用するのと同じスイッチの投入、切断は2回路同時 | 動作速の動き (P. T.) 0.5MAX.   |
| (5) 規格                                | 動作後の動き (O. T.) 0.13MIN.  |
|                                       | 戻りの力 (R. F.) 114g MIN.   |
|                                       | 応答の動き (M. D.) 0.01~0.15  |

電流容量 125・250V. 10A. A.C.



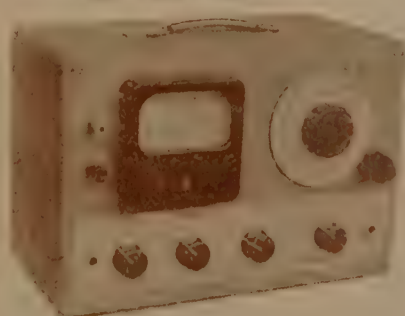
日本開閉器工業株式会社

東京都大田区馬込東3-644  
TEL 東京(771) 8841~2・8379

## 必ず使う 測定器

## SM-101型 歪率計

### 新製品



正価 48,000円

### ★特長

- 差列T型回路を利用して新しく設計された歪率測定器であります。
- 小型軽量で価格が非常に低廉ですが性能は高価なものと少しも変わりません。

### ★用途

- 歪率、信号対雑音比の測定。
- 広帯域高感度真空管電圧計。

### ★性能

- 歪率測定基本周波数範囲 30%~30 K% 連続可変。
- 歪率測定範囲、及指示値 30%~0.2%、db及%直読。
- 歪率測定に必要な入力 0.5V (入力インピーダンス100KΩ)
- 真空管電圧計周波数特性 30%~100 K% (0.5db)
- 20%~150 K% (1db)
- 真空管電圧計測定範囲 2mV~10V
- 電源 100V 交流50~60%
- 電源変動に対する安定度 電源変動±15%に対して指示誤差0.2db 以内
- 消費電力 25VA

★主なる納入先 警察庁、NHK、日本電気、その他主メーカー



## 信和通信機株式会社

東京都杉並区下高井戸4-943 電話(312)0125(代表)~0130

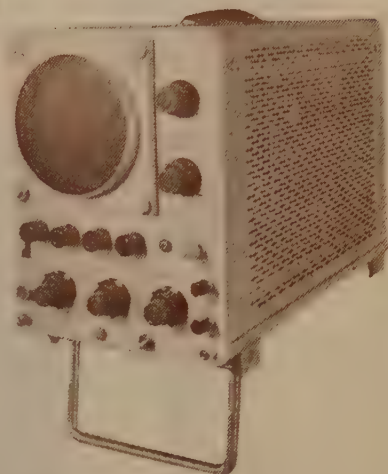


# ポータブル オシロスコープ

TO-505-2

## 特 徴

- ◇TV機器測定調整用,特にNTSC方式カラーテレビ用に最適
- ◇側面パネルのスイッチにより広帯域と高感度に容易に切換え可能
- ◇小型・軽量 12.5kg (130HBI使用)
- ◇周波数特性 50c/s~5 Mc (広帯域)  
50c/s~1 Mc (狭帯域)
- ◇偏向感度 0.003 V/cm (狭帯域)  
0.01 V/cm (広帯域)
- ◇掃引時間 3,000~0.3  $\mu$ S/cm連続可変

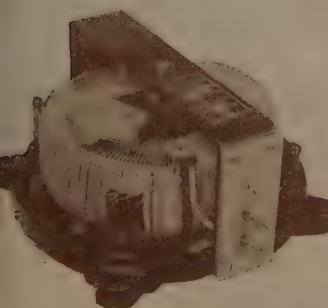


## 池上通信機株式會社

本社・川崎工場 神奈川県川崎市元木町2-1番地 電話 川崎2/7315(代)(3)0376番  
営業所 東京都港区芝西久保巴町49番地 電話 (431) 5536・5686・5750番  
大阪営業所 大阪市北区老松町3-56 西天満ビル412号 電話(36)8555・2877

## 測定器, 制御機器用

# パネル型摺動変圧器



測定器, 制御機器等の電圧電圧調整にパネル型摺動変圧器の使用をお奨めします。  
当社は小は一次 30 V, 二次 0~30 V 1 A 程度のもつから, 大は一次 100 V, 二次 0~130 V 40 A, 一次 200 V 二次 0~260 V 30 A 等の大容量のものまで種々製作しております。

写真上は一次 100 V, 二次 0~130 V 1 A の標準品, 下は一次 100 V, 二次 80~120 V 30 A の特殊品です。

二相又は三相を同一軸で摺動させるタイプ, 二次の電圧を固定し, 一次の電圧を調整するタイプ, 一次 100 V, 二次 0~130 V 5 V, 10 A, 一次, 二次を別々に摺動させるタイプ等の種々製作し, 各方面に広い利用がなされております。シャフトの回転トルクは 100 V 5 A の標準品で 0.3 kg-cm 程度で小容量のモーター駆動により自動調整に使用することが出来ます。

またマイクロ・スイッチを数個とりつけ, シャフトにつけたカムによりこれを制御させ, 任意の電圧値で任意の回路の断続をさせることも出来ます。

約 10 万回程度の使用に耐え, 定電圧に到達後は, 十数年の長期使用も可能です。測定, 検査等に計器類と組合わせ, 又電圧降下時の昇圧用, 単相, 三相の単独使用型も製作しております。型録, 寸法図を準備しております。

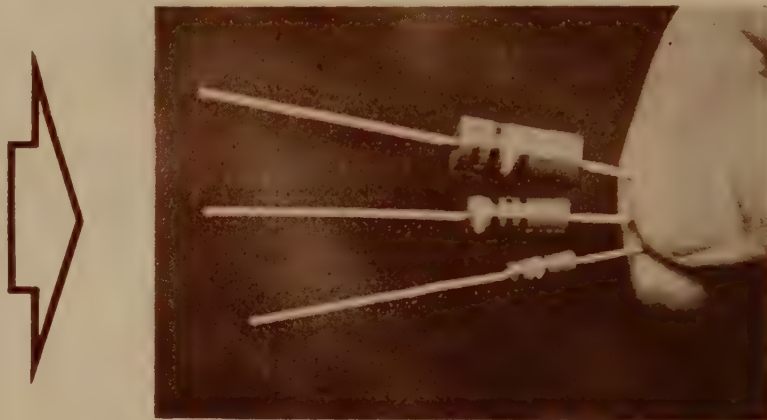
特殊品に関するお問合せを歓迎致します。

## 東京精電株式会社

東京都港区芝南久間町1ノ5  
電話 501-9349・9522

# 高信頼性絶縁形皮膜抵抗器

理論的研究と高度の技術で画期的な小型抵抗器(略称：RM形抵抗器)を完成いたしました。本抵抗器は約2年の長期に亘り、数千個の試作実験によって品質と性能が確保されて居り、防衛庁NDS規格および米軍用MIL規格の最高特性を満足いたします。



理研電具製造株式会社

東京都板橋区志村小豆沢4の6 電話 (901) 6176 (代表)

ホール効果による D-855 GAUSS METER

A.C., D.C.

3

~ 30,000 ガウス 直読

◎ 星カタログ



DYNA-EMPIRE INC.

日本総代理店

朝日通商株式会社

営業第二部 輸入課

本社 東京都中央区宝町3丁目1番地  
電話 京橋 (561) 6246 (代)・2058 (直通)



# 継電器各種

高見沢電機製作所は創業以来 40 年、継電器の専門メーカーとして各種継電器の研究と生産に努力を重ねてまいりましたが、また継電器群の各種装置も各方面より御要望いただいで設計、作製いたしております。



☆ カ タ ロ グ 進 呈 ☆

株式 高見沢電機製作所

本社 東京都品川区西大崎 3-515  
東京工場 電話 大崎 (491) 代 2136~9  
信州工場 長野県南佐久郡中込町 395  
電話 野沢 代表 88~9



LT1 型 継電器

メカニカルロッキングリレーの一種です。一旦動作すると励磁電流が切れても機械的な構造によつてその回路はそのままの状態を保持します。

|      |                         |
|------|-------------------------|
| 定格電圧 | 6, 12, 24, 48, 100 V 各種 |
| 動作電力 | 最少 1.8 W, 通常 3 W (DC)   |
| 接点構成 | 切換接点 1 組                |
| 接点容量 | 6 A (AC 110 V) 無誘導負荷    |
| 寸 法  | 約 55×50×50 mm           |

## オールトランジスタ 安定化低圧直流電源

定電流装置付

TPM-200



DC 0~25V  
0~200mA

1. 入力電圧……AC 50, 60 $\pm$ 90~110V
2. 出力電圧……DC 0~25V
3. 出力電流……最大連続負荷 200mA
4. 出力電圧変動率……入力及負荷の全変動に対して 0.4%以内
5. リップル……負荷電流 200mA において 10mV 以下
6. 定電流装置……最大負荷電流を 20mA, 60mA, 200mA の (過負荷防止装置) 3 レンジ電流計と連動切替機構を有し、各レンジ共その範囲内の任意の値で電流制限を行うことができる。
7. 始動時間……スイッチインと同時に
8. 寸法・重量……23×14×10cm<sup>3</sup> 3.5 kg



P A T E N T

株式會社 高砂製作所



MODEL TP-25

溝の口 (048) 4111 (代表)

川崎市二子 662 電話 東京 701-4391, 048-3883 (営業直通)

DC 0~25V, 0~5A

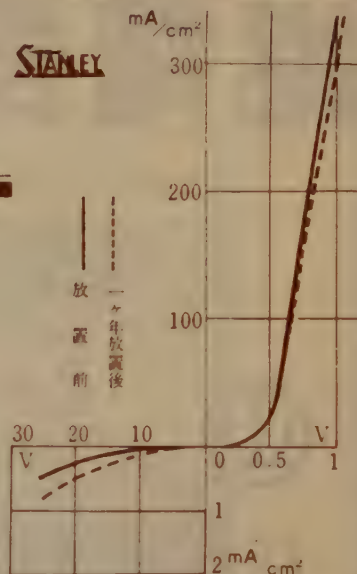
# スタンレー

STANLEY

性能が2倍に飛躍した…

- 1 正方向抵抗が減少して今までの $\frac{1}{2}$ になりました
- 2 定格出力が2倍に増加しました
- 3 効率は3相全波の場合94%以上です
- 4 最高許容温度は100°Cです
- 5 大きさ重量ともに従来のもので
- 6  $\frac{1}{2}$ に小形化されたため御予算も半分ですみます

1年間性能テスト(屋外常温常湿・塗装前)



# セリコ整流体

A板

カタログ贈呈 スタンレー電気株式会社宣伝課116係あて 東京都目黒区中目黒2-605 電話東京 712 代表 1111・101



高周波絶縁碍子

# ボンレックス

アメリカ無線界ではパイレックスを

日本ではボンレックスの御使用を

ボンレックスの用途

無線、有線電気通信機器用、超短波医療機器用、ラジオ、放送機  
並に、テレビジョン、船舶及び汽車、電車、理化学、大機器、  
ウエルダー機器用 ◎原子力平和利用・各機器碍子

◎貴社御考案の別形製作の場合は詳細御一報次第参上御説明申上ます

株式 会社 ボン碍子製作所

東京都千代田区神田松永町19番地  
松永ビル TEL (251) 8 8 9 4 番



信用ある全国無線部品店にあり。  
カタログ進呈  
本誌名記入の上お申込み下さい。



# 古き伝統と新しい技術 コロナモーター



シリーズモーター  
シンクロナスモーター  
キャパシターモーター

は特に敏度しております。

その他 小型モーターと発電機については  
御相談下さい。必ず御用件。あります。

(旧社名 花塚電機産業株式会社)

## コロナモーター株式会社

東京都目黒区東町52番地 電話 目黒(712)代表3146-9

＝代理店＝

(株) 入江製作所  
東京都中央区日本橋本町4の7  
電日(241)代表5281  
崎村商店  
東京都千代田区神田五軒町42  
電下(891)9953, 4346  
吉沢精機工業株式会社  
東京都文京区湯島新花町35  
電小(921)1042, 7088  
営業所 長野市横町20  
電話 長野4601  
新潟市下大川前石油企業会館内  
電話 新潟(3)0603  
ユタカ電業株式会社  
東京都港区芝新橋5の22  
電芝(431)1578, 1718, 4652, 8388  
日本電化工業社  
京都市下京区河原町通り四条下(日生ビル)  
電下(5)2587, 9247  
沢電気機械株式会社  
大阪市西区土佐堀通り2の8  
電大(44)3715(代表)~9  
(株) 西山製作所  
大阪市東区瓦町2の15  
電北(23)5755, 229, 448  
(有) 入江製作所  
名古屋市中区大池町1の48  
電中(24)1621, 6389  
岩谷産業株式会社  
大阪市東区本町3  
電船(26)3251~5, 8251~5  
営業所 東京・名古屋



DAIOU

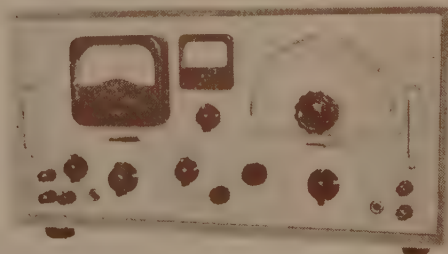


DENKI

## 歪率レベル測定器

### DD-101型

|           |  |
|-----------|--|
| 歪率測定方式    | ウイーンブリッジ基本波除去方式  |
| 周波数範囲     | 歪率 50 c/s~15 kc<br>S/N比, レベル, 電圧, 20 c/s~50 kc                   |
| 測定範囲      | 歪率 0.1~30%, SN比 -70~<br>-10 dB, レベル -50~+20 dB,<br>電圧 -75~+20 dB |
| 誤差        | 定格値の ±5%以下   |
| 入力インピーダンス | 600 Ω, 10 kΩ 平衡及不平衡, 100 kΩ 不平衡                                  |
| 測定入力電圧    | 歪率, S/N比共 -5~+30 dB  |
| 電源        | 50/60 c/s, 90~110 V  |



### 営業品目

各種標準信号発生器, 歪率・レベル測定器  
マーカースイープ信号発生器  
ラジオ・テレビ測定器, 周波計  
トランジスター測定器, 空中線共用装置

# 大央電気株式会社

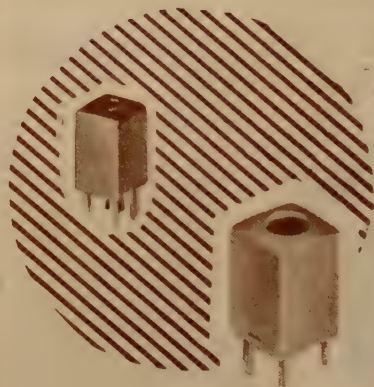
東京都三鷹市上連雀754 TEL (ムサシノ) 3-4107~9

安定したパーツから  
信頼ある製品が生れます

新製品 — IFT

- M7型 (7 $\frac{m}{m}$ 角 高さ13mm)
- M10型 (10 $\frac{m}{m}$ 角 高さ11mm)

TR用リライアブル・IFTの決定版としてこの程IFT・M型の二種が完成されました。従来の貴重な経験と長い間の研究をもととして作られたM10型・M7型・IFTは特に構造の簡素化・機械的・電気的特性の安定・製品の均一性などに充分な検討がくわえられ、ローコストでしかもあくまで信頼性を主眼とした新製品であります。

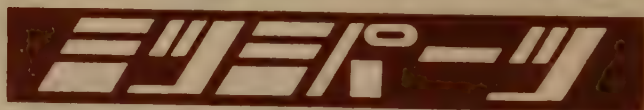


IFT



カタログ

御希望の方は本誌名記入の上  
P.R課までお申込み下さい



ミツミ電機株式会社

東京都北多摩郡狛江町小足立1056の1 TEL (416)2619・2692

..... ミネチャ .....

NMB

Miniature Bearings

ミネチュアボールベアリング・ミネチュアニードルベアリング・ミネチュアボール

日本ミネチュアベアリング株式会社

日本ミネチュアベアリング販売株式会社

東京都中央区日本橋兜町1-4 TEL (671)1203-5



# モリオーム

## 精密巻線抵抗器

ステアタイトボビン分割無誘導巻

### M55

寸法  $7\text{mm} \times 12\text{mm}$

抵抗値  $0.1\Omega \sim 225\text{k}\Omega$

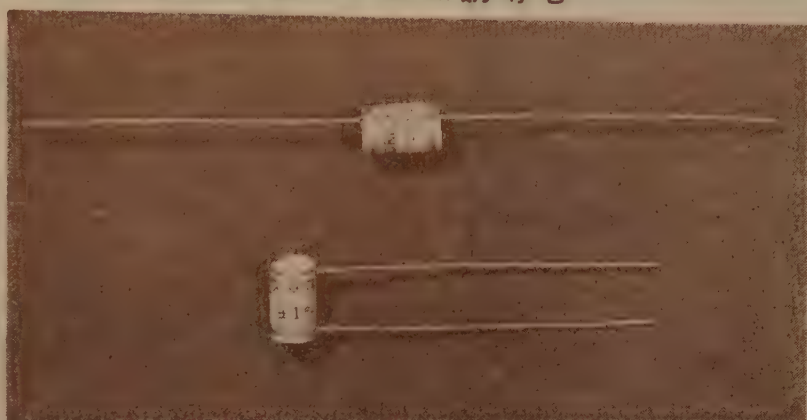
誤差  $\pm 1\% \sim 0.1\%$

温度係数  $2 \times 10^{-5}$  以下

その他13種

$0.1\text{ W} \sim 2\text{ W}$

$0.1\Omega \sim 6\text{ M}\Omega$



119 1 2.1 2.2 2.3 2.4 2.6 2.7 2.8 2.9

## モリ通信機株式会社

東京都荒川区日暮里町3丁目606番地  
電話荒川 (891) 5214 (代) 5428

# アポロ真空管

## 超小型 高圧整流管

☆テレビ受像機や測定器  
には必ず使います。

ペンシル管

R・C・Aとの技術提携による  
国産唯一の

5642

特長

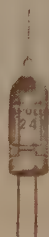
- B管高圧高周波電源の整流
- 高圧パルス整流
- 逆耐電圧 10,000 V
- 外径10ミリ 全長52ミリ
- $E_f=1.25\text{ V}$   $I_f=200\text{ mA}$



1247

特長

- カイガー計数管及測定器電源の整流
- 高圧パルス整流
- 逆耐電圧 1,500 V
- 外径10ミリ 全長25ミリ
- $E_f=0.7\text{ V}$   $I_f=65\text{ mA}$



5794  
5876  
5675



## 太陽電子株式会社

本社・工場 東京都品川区東戸越5-22  
電話 (782) 代表 4176

# POWER BRIDGES

MPB-12  
MPB-54



小形化・高性能  
マイクロ波



## 電力計ブリッジ

従来のMPB形のブリッジに小形軽量で便利な、しかも高性能のものができました。

### 規格

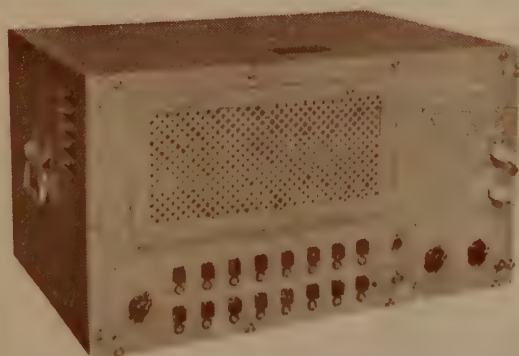
| 形 式       | MPB-12      | MPB-54                        |
|-----------|-------------|-------------------------------|
| 測定電力 (mW) | 1, 3, 10.   | 0.1, 0.3, 1, 3<br>10, 30, 100 |
| エレメント     | サーミスタ       | サーミスタ<br>パレット                 |
| 誤 差       | ±5%         | ±5%                           |
| 寸 法       | 150×240×245 | 210×265×285                   |
| 重 量       | 5kg         | 9kg                           |

## 日本高周波株式会社

本社 工場  
東京事務所  
東京研究所

横浜市港北区中山町1119 電話 神奈川県 川和15  
東京都港区芝南佐久間町1の55 電話 (501) 9588, 2662  
東京都文京区麹坂3 電話 (921) 1970

## TIME-MARK GENERATOR



### 一 営業品目一

パルス応用各種測定器・多現象オシロスコープ・高周波電源装置・半導体関係測定器・パラメトロン関係測定器・標準時間発振器・微少時間統計機・医用電子管測定器・其の他超広帯域増中器関係

1. 用 途 オシロスコープの掃引時間の校正、信号波形の比較などに使用します。
2. 性 能
  - 2・a マーカ出力
  - 2・a・1 インターバル 0.1 $\mu$ s, 0.5 $\mu$ s, 1 $\mu$ s, 5 $\mu$ s, 10 $\mu$ s, 50 $\mu$ s, 100 $\mu$ s, 500 $\mu$ s, 1ms, 5ms, 10ms, 50ms, 100ms, 500ms, 1s, 10s
  - 2・a・2 精度 0.1%以下 (水晶)
  - 2・a・3 出力 3V以上 (75 $\Omega$ )
  - 2・a・4 極性 プラス、マイナス切換可能
  - 2・b リリキ出力
  - 2・b・1 周波数 1Mc/s, 100kc/s, 10kc/s, 1kc/s, 100c/s, 10c/s, 1c/s
  - 2・b・2 出力 2.5V (p-p) 50k $\Omega$
  - 2・b・3 極性 プラス
3. 電 源 AC 95V~105V 50c/s~60c/s
4. 消費電力 450VA
5. 寸 法 約 540×370×300
6. 重 量 約40kg

## 港通信機株式会社

東京都港区西久保六幡町10  
電話 (431) 2762・2733



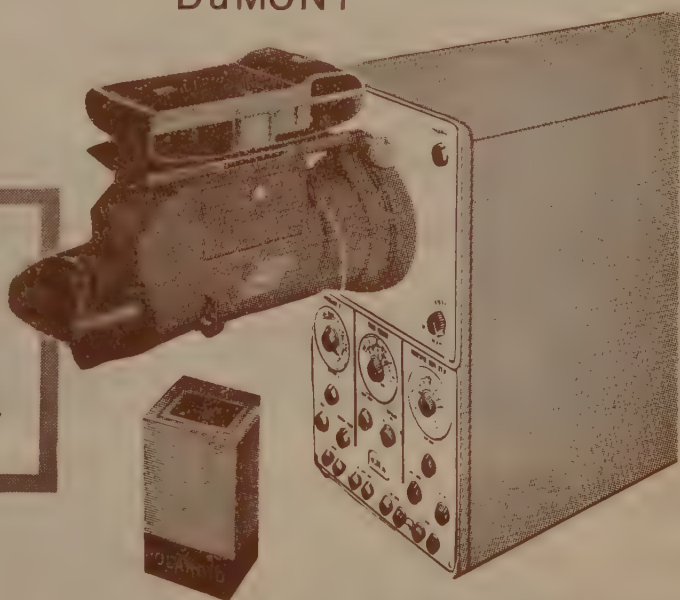
product of the pioneer

# POSTERITY... *in Seconds!*

BY POLAROID  
AND DuMONT



**Permanent TRANSPARENT**  
records of your oscilloscope  
traces—for immediate pro-  
jection, enlargement or study.



**T**he unbeatable combination for fast, sharp slides of scope traces — Polaroid® Land Projection Film and a Du Mont Oscilloscope Record Camera. In two minutes,  $3\frac{1}{4}'' \times 4''$  or  $2\frac{1}{4}'' \times 2\frac{1}{4}''$  black and white slides are ready for projection in a meeting. To record transients too fast for the eye to see — in the millimicrosecond rise time region — use the new Type 47, 3000 Speed Land Film.

Du Mont's complete line of cameras includes three

models especially designed for use with 60-second Polaroid Land films. The Type 302 permits multiple exposures per picture frame for 5-inch scopes. The Type 339 does the same for 3-inch scopes, while the Type 353 enables full-size (1:1 object-to-image ratio) recordings of 5-inch scope traces for precision studies.

**In less than a minute** — your important scope information is recorded forever.

**DuMONT®**

詳細カタログは下記に御請求下さい。

"Polaroid"® by Polaroid Corporation

**precision electronics is our business**

ELECTRONIC TUBES/INDUSTRIAL TV/MILITARY ELECTRONICS/MOBILE COMMUNICATIONS/SCIENTIFIC INSTRUMENTS/AUTOMOTIVE TEST EQUIPMENT

ALLEN B. Du MONT LABORATORIES, INC.

CLIFTON NEW JERSEY

日本総代理店

**理経産業株式会社**

東京都港区芝田村町2ノ12 小里会館7階

電話 代表 591 5247 9



## 地下埋設の ケーブルを 長期間保護する ネオプレン被覆

ある大きな公益事業会社では、湖畔から内陸ターミナルにケーブルを施設するには、地下埋設が最善の方法であることを知りました。ケーブル被覆に要求されたことは次の点です。被覆は過度の湿気、酸性土壌、電気作用による侵害に耐えねばなりませんでした。

115,000 ボルトのケーブルの地下埋設の部分は、湖畔からターミナルまで、デュポン製ネオプレン被覆で、酸性土壌・アルカリ・湿気から保護されています。

被覆として選ばれたのはデュポンのネオプレンでした。デュポンのネオプレンはこうしたあらゆる劣化作用に耐え、ケーブルに最大の保護を保証します。また地上にあっても、ネオプレン被覆は日光・オゾン・風化・極端な温度や摩耗にも耐えます。その結果、維持費は節減され、取換え回数も減少します。

ワイヤーやケーブルを使用する時は、線渠においても、地上でも、地下埋設の場合でもぜひデュポン製ネオプレンで被覆したケーブルをご指定下さい。詳細につきましては下記弊社にお問合せ下さい。なお資料に関しましては何卒クーポンをご利用下さい。

製造元 E. I. du Pont de Nemours & Company (Inc.)  
Wilmington, Delaware, U. S. A.

# NEOPRENE



REG. U. S. PAT. OFF.

創設 1802

より良き生活のため、より良き製品を化学を通じ……

### DU PONT 日本 総代理店

アメリカン・トレーディング・カンパニー(ジャパン)リミテッド  
東京都港区芝公園7号地の1 SKFビル 電話 (431) 5140~9  
大阪市南区安堂寺橋通り2の47 電話 (26) 6593~8

(御 芳 名)

(所属部署)

(御 社 名)

(御 住 所)

このクーポンをお切取りの上、上記代理店宛お送り下さい。  
資料を差し上げます。

"Jour. Ins. Elec. Com." - 8 / 60 - J.



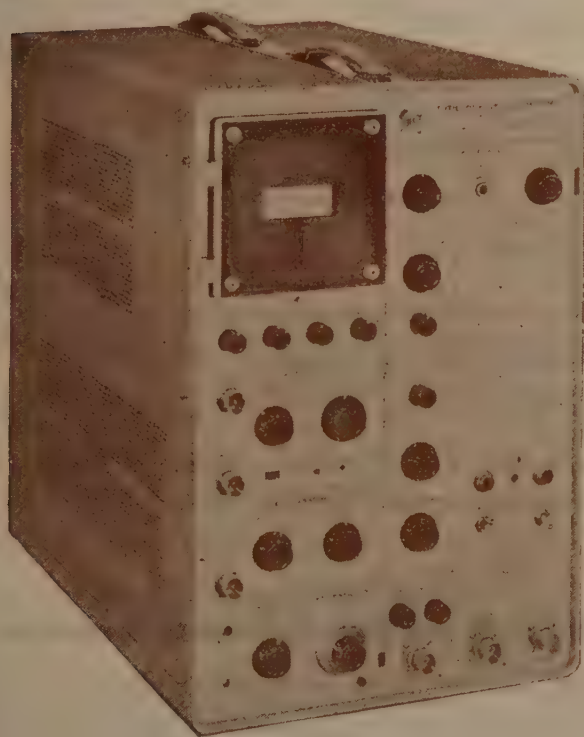
# NEW INSTRUMENT

## TEKTRONIX TYPE 519



## DC to 1000MC OSCILLOSCOPE

本器はUHF帯にまで及ぶ高周波現象の観測、測定及び写真記録用高速度計測器で下記の測定並に観測には最適と存じます。



### 【主なる用途】

- シングルショットの原子核実験
- 高速ダイオードの回復時間
- 高速ダイオードの始動特性
- 雪崩型トランジスタの研究
- トンネル・ダイオードの波形
- スwitching・トランジスタの研究
- 高速度回路の分析
- ラジオ周波々形

### 【主なる仕様】

- 電源自蔵で単一形態
- 描出範囲 (6 × 2 cm)
- 偏向感度 (10 %<sub>m</sub>)
- 分布偏向方式ブラウン管
- 基本的入力インピーダンス (125Ω ± 2%)
- V. S. W. R (1,000MCまで1.25)
- 信号遅延 (45mμs 固定)
- 加速電圧 (24KV)
- 螢光膜 (写真撮影用P11を採用)
- スポット・サイズ (15μA で0.004")
- 掃引速度 (2mμs - 1μs/cm)
- 単掃引可能
- 漸新なトリガー方式
- 立上り時間 (約0.35mμs)

予価 (APROX. F.O.B. Factory Price) \$ 2,500.

御申越次第詳細カタログを御送付致します。

日本総代理店

## 緑屋電気株式会社

GENERAL RADIO COMPANY  
TEKTRONIX, INC.

THE HARSHAW-CHEMICAL COMPANY

東京都中央区京橋二丁目三番地 (守随ビル)  
電話 (561) 9256 (代) 5848 輸入課直通

# EIMAC CERAMIC TUBES DESIGNED FOR SPACE WITH RUGGED NEW 26.5 VOLT HEATERS

Three extremely sturdy Eimac ceramic tetrodes have been specially designed for missile telemetry and airborne military communication systems—with rugged new 26.5 volt heaters.

In actual missile systems and current key projects, these tubes have passed severe tests with flying colors. And have dramatically proved that they *can take it!*

For your space age needs, investigate the many advantages of these pioneering Eimac tubes: the X578G, X578H and X578J. Write for complete information.

GENERAL CHARACTERISTICS EIMAC 26.5 VOLT CERAMIC TUBES

| Tube  | Eimac Tube With Similar Characteristics | Length | Diameter | Frequency for Max. Ratings | Max. Plate-Diss. Rating | Heater Voltage |
|-------|---|--------|----------|----------------------------|-------------------------|----------------|
| X578G | 4CX300A                                 | 2.5"   | 1.65"    | 500 mc                     | 300 watts               | 26.5           |
| X578H | 4CX125C                                 | 2.5"   | 1.25"    | 500 mc                     | 125 watts               | 26.5           |
| X578J | 4CN15A                                  | 2.5"   | 0.9"     | 500 mc                     | 15* watts               | 26.5           |

\*A nominal rating. May be increased by employing a suitable heat sink or liquid immersion.

EITEL-McCULLOUGH, INC.  
San Carlos, California



**Eimac**  
日本総代理店

関 商 事 株 式 会 社

東京都千代田区神田東福田町 1 電話 (866) 代表 3136



# 456A AC CURRENT PROBE

Converts ac current to  
ac voltage directly  
(1 amp = 1 volt)  
for reading on your  
scope or voltmeter




Just clamp around  
and read:

- Tube circuits . . . . . view current on your scope or measure it with a VTVM
- Transistor circuits . . . . . measure small signals dynamically, without clipping leads or circuit loading; study diodes at breakdown
- Logic circuits . . . . . measure ac current in presence of dc current
- Impedance measuring . . . with a dual-channel scope, measure current, voltage magnitude; phase angle
- Power measuring . . . . . with dual-channel scope read current, voltage directly, calculate power
- Frequency counting . . . . use 456A with counter for clip-on frequency access
- And, how about these ? . . phase comparisons of ac carrier waveforms; instrument fuse current ratings; cable identification, response of magnetic cores; magnetic field sensing; silicon rectifier peak currents

## SPECIFICATIONS

Sensitivity: 1 mv./ma.  $\pm 2\%$  at 1 KC  
Frequency Response:  $\pm 2\%$ , 100 cps to 3 MC  
 $\pm 5\%$ , 60 cps to 4 MC  
 $\pm 3\text{db}$ , 20 cps to beyond 5 MC  
Maximum Input: 1 amp rms; 2 amp peak  
Maximum dc current: Dc up to 0.5 amp has no appreciable effect  
Input Impedance: Probe adds to test circuit only approx. 0.03 ohms with 0.1 uh shunt  
Output Noise: Less than 50  $\mu\text{v}$  rms, 100  $\mu\text{v}$  ac powered  
Power: 10 radio mercury cells; approx. 400 hours service normally supplied. Ac supply available. Specify hp-456A-95A, \$32.00 extra. Factory installed, without batteries, \$20.00 extra.  
Size:  $5\frac{3}{4}$ " wide,  $2\frac{1}{2}$ " high, 4" deep, weight 3 lbs.

Data subject to change without notice

Just clamp the  456A probe around a wire under test and view or read a c current directly on an indicating device. Model 456A's 1 mv to 1 ma unity conversion permits direct readings up to 1 ampere rms. The instrument's wide bandwidth permits use with oscilloscopes to view complex current waveforms with rise times to 0.08  $\mu\text{sec}$ . No direct circuit connection is required; there is no loading, no appreciable impedance change in the circuit under test, and the impedance of the test circuit is immaterial.

## HEWLETT-PACKARD COMPANY

Palo Alto, California, U.S.A.


日本総代理店

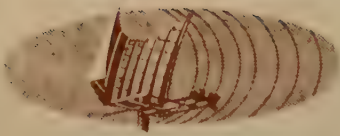
関商事株式会社

東京都千代田区神田東橋田町1番地

電話 (866) 代表 3 1 3 6



 offers almost 400 precision test instruments



# NEW MICROWAVE EQUIPMENT

## NOISE MEASURING TEST SET

V-7200X 一Band

V-7202C 一Band

- AMまたはFM雑音の測定
- 超高感度
- 直読式の出力
- 校正装置自蔵

本器はCWマイクロ波管または送信機のサイドバンド雑音の出力を正確に測定するために特に設計されています。

|         |  |
|---------|--|
| 雑音周波数範囲 | 150KC まで                                 |
| バンド巾    | 1.0 KC                                   |
| 感 度     | AM: 搬送波以下 130db<br>FM: 0.05 cps rms 相当偏差 |

御要望により特殊仕様（例えば100cps バンド巾）にも応じます。



## PHASE DIFFERENCE DETECTOR

V-1516

- 分解能0.005°まで
- 0.005°から60°までの正確測定
- CWおよびパルス測定
- 校正装置自蔵

本器はクライストロンやTWTまたは他の送信部品により高周波信号中に発生する位相変調を測定する目的に特に適しています。入る信号と出る信号を比較すれば、0.005°から60°までの時間の相対的位相がわかります。位相変調のデータは電位差で出るので適当な指示装置も使用できます。

|       |  |
|-------|--|
| 周波数特性 | 別々の高周波ベッドを使用して<br>40Mc から13KCまで        |
| 感 度   | 0.005°—3°: 2 V / 度<br>3°—60°: 20mV / 度 |



VARIAN associates  
PALM A TO CALIFORNIA

日 本 総 代 理 店

丸 文 株 式 会 社

本社 東京都中央区日本橋人仏馬町2の1 電話(661)2286代表  
支店 大阪市西区靱下通1-14 春陽ビル 電話(44)5478代表  
支店 神戸市生田区海岸通2-26 東和汽船ビル 電話(3)4266  
支店 金沢市下松原町6番地 電話(3)4195





# BRÜEL & KJÆR

## 新製品 騒音計 2203型を ブリューエル・ケアー

音・振動・歪・表面粗度等

工業計測に関する製品案内

本頁を切り取り保存して下さい  
一連の資料ができます

コンデンサー  
マイクロフォン  
使用

精度  $\pm 1$  db

トランジスター化  
トランジスター×17  
ダイオード×18

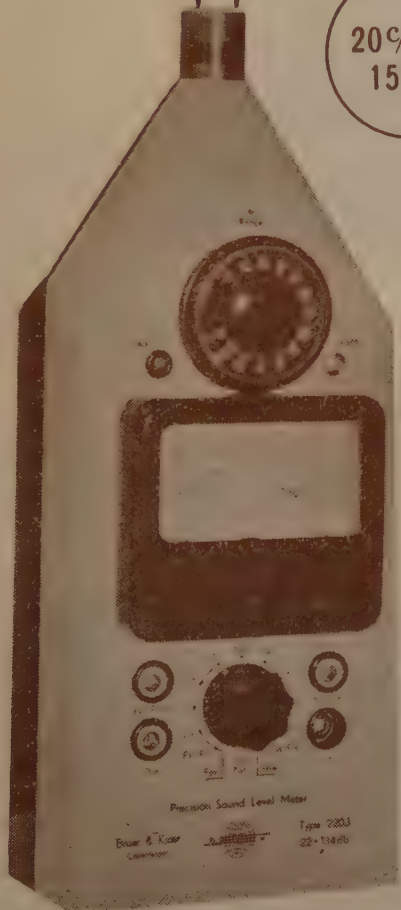
20%~  
15kc/s

### 性能および仕様

- |                              | 4131            | 4134 |
|------------------------------|-----------------|------|
| 音圧レベル 31★) ~134★) db         | 45★) ~148★★) db |      |
| 音圧レベル (聴感補正) 22★) ~134★) db  | 36★) ~148★★) db |      |
| オクターブ音圧レベル 20★) ~134★) db    | 34★) ~148★★) db |      |
| 1/3オクターブ音圧レベル 16★) ~134★) db | 30★) ~148★★) db |      |
- ★) 注: S/N比は上記値に対して約6dB上  
★★) この値はR.M.S.値である。最大許容尖頭値はこれより
- 周波数特性 10db上  
増巾器: 温度+10°C~60°Cの範囲で40%~20K%迄  
 $\pm 0.5$  db以内でフラット (20%~20K%迄 $\pm 1$  db以内でフラット)  
温度-10°C~60°Cの範囲で200%~12.5K%迄  
 $\pm 0.5$  db以内でフラット (20%~20K%なら $\pm 1 \sim 5$  db以内の直線性)  
温度範囲 -10°C~60°Cで精密音圧レベル、メーター用IEC基準によるA、B、C曲線に合せて聴感補正がなされている。
- マイクロフォン  
B&Kはコンデンサーマイクロフォン4131型、直径24mm  
周波数特性は20%~15K%迄 $\pm 1$  db以内の直線性、20%~18K%迄 $\pm 2$  db以内の直線性を有する。(以上入射角0°)  
一つ一つに校正図表が付きます。
- メーター  
スケールは-10~+10db迄目盛られている。音圧レベル測定用基準に合せた二つのメーターダンピング特性をスイッチで選択します。
- 増巾度: 110db  
外部フィルター  
"外部フィルター入力": 出力インピーダンス 25 $\Omega$   
"外部フィルター出力": 入力インピーダンス 146 $\Omega$
- 出力  
出力インピーダンス約250 $\Omega$ 、最大出力電圧約15V (尖頭値)  
メーター一杯のフルは出力電圧約3Vに相当します。
- 真空管: 1CK512AX  
○トランジスター: 11×OC44-4×OC74-2×OC77  
○ダイオード: 2×045、9×0A85、6×0A202  
1×25 (ゼナーダイオード)  
○電流: 3×1.5Vの光突電球用電池。寿命: 25時間。水銀電池も使用可能でその寿命時間は約100時間に延びる。  
○寸法: 31×12×9cm (12.5×5×4インチ)  
○重量: 2.7kg

### 用途

- ①騒音計 ③前置増幅器  
②周波数分析器 (A) 及 オクターブフィルタ外付可能)



日本総代理店

東京: 東京都港区芝田村町6丁目7番地

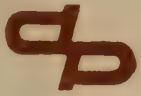
TEL 431 0545-4941 5491 7875-8958

松下電器貿易株式会社

大阪: 大阪府北区天神橋筋1丁目14番地

TEL 35 6531-5 9851-4





# トランジスタ 超高周波電流増巾率測定器

MODEL TMH-501A型



## 概 要

本測定器は、100MC～500MC間のベース接地トランジスタの電流増巾率及び位相変化を測定するために設計、製作されたものであります。

## 測定範囲

|               |             |                                    |
|---------------|-------------|------------------------------------|
| 測定周波数         | 100MC～500MC | 1ダイヤル                              |
| $\alpha$ 絶対値  | 1.1～0.1     |                                    |
| $\alpha$ 読取精度 | 2桁まで読取可能    |                                    |
| 位 相 量         | $90^\circ$  | $\frac{40}{\lambda/4 \times 0.67}$ |

## バイヤス

|        |         |
|--------|---------|
| エミッタ電流 | 0～100mA |
| コレクタ電圧 | 0～30V   |

## 電 源

|        |      |       |
|--------|------|-------|
| 50～60% | 100V | 300VA |
|--------|------|-------|

東京電波工業株式会社

東京都目黒区原町1-236  
TEL 8-1-0-1 代電

支社 大阪市北区木幡町34  
(36) 7220, 4944





# トランジスタ測定器

## TD-150C型 トランジスタ特性直視装置

規格 コレクタ電源

ピーク電圧 0~20V 10A最大  
0~200V 1A最大

ベース電源

電流ステップ 1 $\mu$ A~200mA 17点切替

電圧ステップ 0.01V~0.2V 5点切替

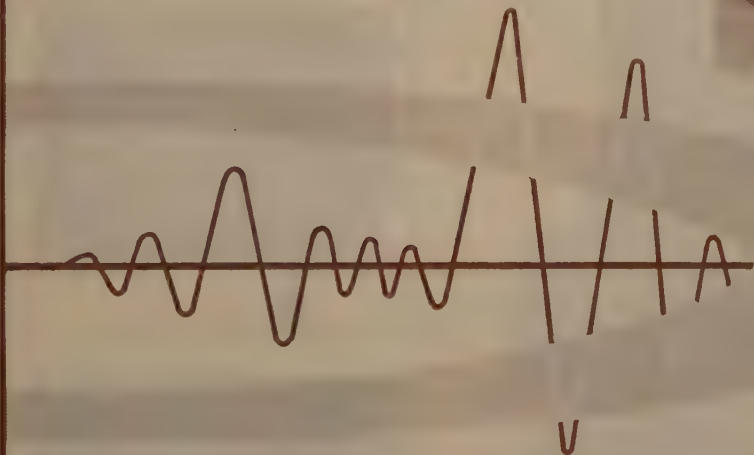
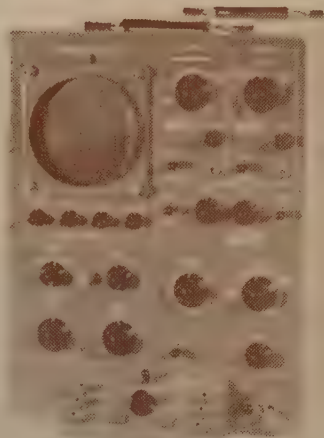
繰返し周波数 100%又は200%

垂直軸 コレクタ電流 10 $\mu$ A~1A/div

ベース電圧 0.01V~5V/div

水平軸 コレクタ電圧 0.01~20V/div

ベース電圧 0.01~5V/div



## TW-35B型 トランジスタ定数測定器

規格

測定範囲 (1)R定数  $\gamma_{12}$  0~150 $\Omega$  0~1500 $\Omega$

$\gamma_{22}$  0~150K $\Omega$  0~1.5M $\Omega$  0~6M $\Omega$

(2)H定数  $h_{11}$  0~150 $\Omega$  0~1500 $\Omega$

$h_{12}$  10<sup>-5</sup>~10<sup>-1</sup>

$h_{21}$  ( $\alpha$ および $\beta$ ) 0~150, 0~300

$h_{22}$  0.2~100 $\mu$ V

測定精度  $\pm 2\%$ 以内

発振周波数 270% $\pm 10\%$

増巾器利得 80dB以上可変

# 日本通信機株式会社

本社及平間工場 川崎市田尻190 電話2/2858 (33049・6428・6430) 東京出張所及三田工場 東京都港区芝三田1-25 電話三田(451)1544・9423

# VOLCO

## 新製品 速応無歪自動電圧調整器

VOLCOの新製品 FRW型 速応無歪自動電圧調整器は確実な古典的回路方式により新しい設計技術で製作されたもので、極めて早い応答性と歪のない正弦波出力をもっております。ドリフトも殆ど有りません。

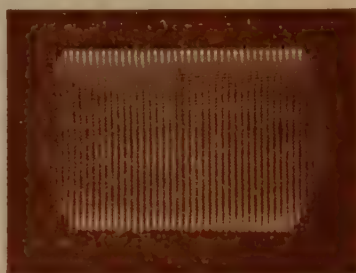
構造も簡単頑丈で真空管や半導体等を全く含んでおりませんから悪い使用条件で乱暴な取扱を受けても故障する心配がありません。

高温、多湿、振動、等周囲条件がわるく、早いはげしい電圧変動のある実際の現場で使用した場合に実質的に他のどの方式のものより安定度の高い、信頼性のある自動電圧調整器であります。

構造が簡単なので価格も低廉です。

30年以來の専門メーカーVOLCOの製品ですから

その他の性能も勿論最高です。



入力10%急昇



出力波型

### サービス代行店

関東甲信越地区 吉沢精機工業株式会社

本社 東京都文京区湯島新花町35

Tel. (921) 1042, 7088, (929) 0289

営業所 長野市横町20

Tel. 長野 4601

新潟市下大川前石油企業会館内

Tel. 新潟 (3) 0603

中京地区 株式会社 朝日商會

名古屋市千種区覚王山通3-34

Tel. (73) 0625~6, 465, 7964

関西地区 株式会社 三栄商會

大阪市北区東堀川町11

Tel. 大阪 (30) 2556~7

中国・四国・九州地区 新川電機株式会社

本店 広島市三川町1

Tel. 中 (2) 9147~9, 9140

支店 高松市南鍛冶屋町4-18

Tel. 高松 (2) 7343

福岡市上小山町3-4

Tel. 福岡 (2) 0514 (3) 6344

## 日本電源機器株式会社

東京都墨田区寺島町5-130 電話 (611) 2461・2971

出張所 大阪市東区谷町1-7 電話 (94) 1140



# SSB用標準水晶フィルター 特許出願中

## 特 長 1 SSB送受信機の簡易化

- ▶ 中心周波数が 1005 kc であるから送受信機はシングルコンバージョンで構成できる。

## 2. 送受信兼用

- ▶ 入出力は可逆性がありプレストーク式の場合、1ヶで送受信に共用することができる。

## 3. 良好な特性

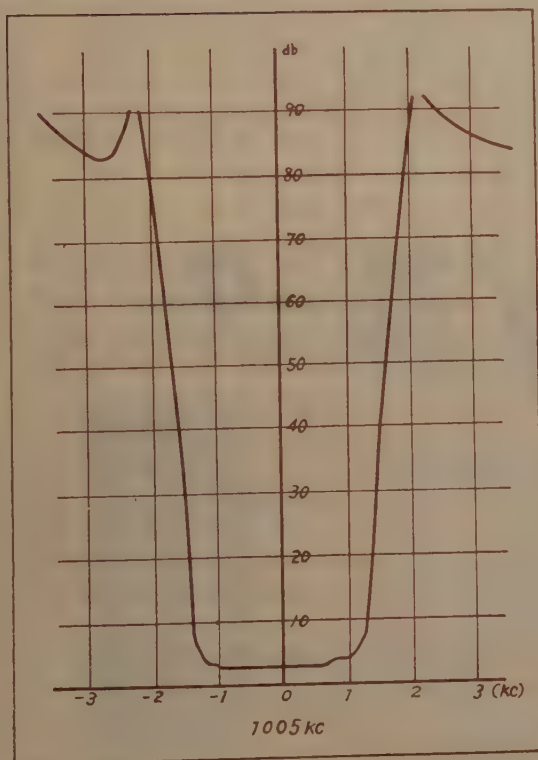
- ▶ 1ヶの水晶フィルターで 2.2 kc 以上の通過帯域特性と 90 db / OCT の減衰特性が得られる
- ▶ 伝送損失が少ない。
- ▶  $-20^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$  の広温度範囲で動作安定、温度係数は極めて少ない。

## 4. 使い易い

- ▶ 小型軽量である
- ▶ 入出力共、平衡回路にも不平衡回路でも使用できる。

## 5. 高安定性

- ▶ 経年変化は極めて少なく、又振動、衝撃に強く高温多湿の悪条件で劣化することはない。



## 規 格

- 動作温度  $-20^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$
- 中心周波数 1005 kc
- 周波数特性 (下 表)  
通過帯域特性  
3 db 帯域巾 / 6 db 帯域巾 0.8 以上
- 伝送損失 4 db 以下
- スプリアス特性  
 $\pm 10$  kc の範囲に於いて  $-70$  db 以下
- 入出力インピーダンス  
型 式 C F 1005 4.7 K  $\Omega$   
C F 1005 A 75  $\Omega$

| 周 波 数 (kc) | 伝送損失最小点よりの減衰量 |
|------------|---------------|
| 1003.1     | 66 db 以上      |
| 1003.5     | 20 db 以上      |
| 1003.9     | 6 db 以下       |
| 1006.1     | 6 db 以下       |
| 1006.5     | 20 db 以上      |
| 1006.9     | 66 db 以上      |

尚、上記特性は中心周波数 1000 kc より 1500 kc まで製作できます。



## 日本電波工業株式会社

本社及工場 東京都渋谷区代々木新町 8 4 番地  
電 話 東京 (371) 2191 ~ 2194

# Taiko タイコ-チョッパー

DC-AC カレントチョッパー

高周波 カレントチョッパー

チョッパーは微小直流入力を交流に変換しあるいは増幅後再び直流に転換する機能を有するもので、一般自動制御器を始めとして直流増幅器、アナログ計算器の増幅器、自己平衡電位差計、マイクロ・ボルトメータ等記録測定関係の各分野に広く使用されます。



| 形 名                              | TCP-55 A <sup>*</sup> <sub>1</sub>         | TCP-561 A <sup>*</sup> <sub>2</sub>        | TCP-58                                     | TCP-58 A                                   | TCP-57             |
|----------------------------------|--|--|--|--|--------------------|
| 接 触 形 式                          | SPDT                                       | DPDT                                       | SPDT                                       | SPDT                                       | SPDT               |
| 周 波 数                            | 50 CPS <sup>*</sup> <sub>2</sub><br>60 CPS | 50 CPS <sup>*</sup> <sub>2</sub><br>60 CPS | 50 CPS <sup>*</sup> <sub>2</sub><br>60 CPS | 50 CPS <sup>*</sup> <sub>2</sub><br>60 CPS | 400 CPS            |
| 駆 動 電 圧                          | 6.3V                                       | 6.3V                                       | 17.5V                                      | 6.3V                                       | 6.3V               |
| コイル電流                            | 70 mA (50 CPS)                             | 140 mA (50 CPS)                            | 40 mA (50 CPS)                             | 100 mA<br>(50 CPS)                         | 70 mA<br>(400 CPS) |
| 接 点 容 量                          | 1.5V 1mA                                   | 1.5V 1mA (入力側)<br>50V 5mA (出力側)            | 100V 0.3A                                  | 100V 0.3A                                  | 50V 0.1A           |
| 接 触 率 定 格                        | 45%  | 45%  | 45%  | 45%  | 45%                |
| (使用範囲) <sup>*</sup> <sub>3</sub> | 15~75%                                     | 15~75%                                     | 15~75%                                     | 15~75%                                     | 15~75%             |
| 雑音(100kΩ入力)                      | 1μV 以下                                     | 1μV 以下                                     |  |  |                    |
| 使用温度範囲                           | -10°C~45°C                                 |  |  |  |                    |

\*<sub>1</sub> TCP-55A および TCP-561A は高絶縁チョッパーには接点間および接点壁体間絶縁抵抗は最小  $10^{12}\Omega$  を保証致します。

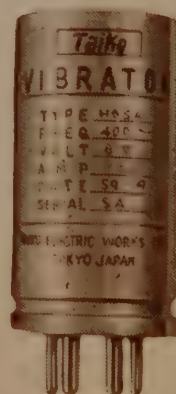
\*<sub>2</sub> 駆動周波数は特に御指定のない限り 50 CPS にて調整致します。

\*<sub>3</sub> 接触率は御希望により使用範囲にて任意に調整致します。

# タイコ-バイブレーター

有極型の新設計による 極めて安定なる 400 CPS バイブレーターで、連続定格 15~30 VA、寿命約 500 時間にて、サルモア・モーターその他 400 CPS 電源用として、800 CPS プレート変調直流断続電源用ならびに小型状電源用として好適であります。

| 型 名     | H6 SA   | H6 NA   |
|---------|---------|---------|
| 型 式     | 同 期 型   | 非 同 期 型 |
| 周 波 数   | 400 CPS | 400 CPS |
| 入 力 電 圧 | 6 V     | 6 V     |
| 時 能 率   | 85%     | 85%     |



株 式 会 社      大 興 電 機 製 作 所

本社・東京工場      東京都品川区東中延4の1402      電話 (781) 7155(代)7181(代)6411  
矢板工場      栃木県矢板市      電話(矢板) 36. 49. 63



# 電子工業

本誌の二大綱領

- 常に高度の学問的水準を維持し、業界の発展に寄与する
- 電子技術者の要望にこたえ業界の指針たらしめる

固体電子工学の新特集

八月号

エレクトロ・ルミネセンスの基礎  
..... (通研) 二階堂清規  
高出カトランジスタの製造  
..... (新電元工業) 西村 吉一  
ハイパワートランジスタの使い方  
..... (東芝) 高橋 健二  
トランジスタの量産技術  
..... (東芝) 矢沢 清弘  
シンクロスコープの使い方  
..... (通研) 関口 茂  
シンクロスコープ製造上の問題点  
..... (岩崎通信機) 西郷 信男  
《連載》① 演習エレクトロニクス...小郷 寛  
② 電子工学者のための固体物性  
..... 一通研雑誌

## 《座談会》

半導体の研究をどうすすめていくべきか  
(通研) 小林 秋男 (日立) 伴野 正美  
(フニー) 岩田 三郎 (東大) 青木 昌治  
オートメーションの応用  
写真フィルム工場におけるオートメ  
..... (富士写真フィルム) 山田 茂  
石油工業におけるオートメ  
..... (東亜燃料) 西田 幸二  
記憶素子・論理回路素子としてのフェライト応用(下)  
..... (東京電気化学) 富永 滋

小峰電子工業  
株式会社

海外文献抄録 エレクトロニクスニュース  
データシート 技術史の横顔 新製品紹介  
特許紹介 技術のひろば 潮流 現場探訪

確実入手には直接購読を  
半年分 900円 (5割引)  
1年分 1,710円 (1割引)

定価 150 円 120 頁

東京都中央区日本橋通3丁目1  
TEL (271) 3198, 9280

## ■デジタル計算機の実用入門参考書

R. K. RICHARDS

〔発売中〕

# デジタル計算機の演算方式

高橋茂 監修 ◆ 石井善昭・相磯秀夫・加藤満佐夫 共訳

本書はデジタル計算機の論理的な構成を、特に演算方式に重点をおいて解説した参考書である。本書の特長は具体的な応用例を豊富にあげながら、できるだけ平易に解説している点で、初心者には実用的な入門書として、また便利なハンドブックとして有用な必備の書である。

定価 ¥ 1400

A5判・本文8ボ  
横組・365頁  
特上製本・函入

--- 主 要 目 次 ---  
■ 数量の記数表現 ■ 計算機素子に適用したブール代数  
■ スイッチング回路網 ■ 2進加減算 ■ 2進乗除算 ■ 10進コード ■ 2進法および10進法の計算 ■ 10進法の加減算 ■ 10進法の乗除算 ■ 特殊操作 ■ 計算機の構成と制御 ■ プログラムの作成 ■ 文献表 ■ 索引

マックラッケン・ウイス・李著

近刊予約募集

## ★事務用電子計算機のプログラミング 上・下巻

PROGRAMMING BUSINESS COMPUTER

高橋茂・石井治 訳 [各巻300余頁]  
相磯秀夫・淵一博

ゴールドマン著

## ★周波数解析

《変調と雑音の理論》

FREQUENCY ANALYSIS, MODULATION and NOISE 細野敏夫・堀内和夫 訳

月刊

## 電子計算と制御

OFFICE AND INDUSTRIAL AUTOMATION.....

- 電子計算機の紹介・使用例・講座
- 制御技術・応用例 ■ 海外技術紹介
- OR関係紹介

毎月10日発行  
B5判・本文8ボ 新型活字  
横組・極上質紙・美蘭製本  
誌代 1部 ¥ 120 (平12)  
半力年 ¥ 670 (平共)  
1力年 ¥ 1340 (平共)  
[海外向けは1力年送料 ¥ 360]

■ 本誌を購読される方へ  
本誌を購読されたい方は、  
直接本社へ御予約下さい。  
店頭販売を主体としたしま  
ずくで御予約なき場合は  
入手困難です。

光琳書院 東京都台東区仲御徒町3-20 (池内ビル)  
電話 (831) 6464・5094 振替東京 34089

# アース線を切らずに測れる



F A - 3 型

## 接地電流計

変圧器自体を接地線で接地した場合、変圧器のコイルと鉄心(大地)との間の絶縁が悪くなれば接地線には電流が流れる。この(接地)電流は数mAから数百mAの小さい電流であり、こうした小さい電流を測るのに、接地線をいちいち外して電流計を入れて測っていたのではとても面倒であり、危険でもある。当社の接地電流計は平常の動作状態のまま測定できると同時に、商用周波数の一般の微小電流を切らずに測定もできるし、往復二線間の電流の差も検出できる。

### ◎特長

(一) 接地線又は導線を切らずに電流測定ができる

(二) 小型軽量で携帯と実測に便利な皮カバン入り

(三) 電池電圧のチェックができる

### ◎仕様

定格……50 / 100 / 250 / 500 / 1000 mA

最高使用回路電圧……250 V

使用周波数……50又は60%

周波数・温度・電池電圧等の変化に対し補償回路付

株式会社 横河電機製作所

本社工場 東京都武蔵野市吉祥寺3000番地 電話 東京391局 代表1901  
武蔵野局 (022-2) 代表3701

支店 名古屋・大阪・小金 出張所 新潟・広島

YEW



# 会 告 通 知

## 電気通信技術委員会研究専門委員会

開 催 通 知 (昭和 35 年 9 月)

本会会員は誰でも、任意の委員会に自由に参加でき、研究発表もできます。研究発表希望者は、委員会名を指定して前々月末日までに本会宛お申込下さい。

### 1 超音波研究専門委員会

委員長 能 本 乙 彦

日 時 9 月 6 日 (火) 14 時 ~ 17 時

場 所 東京工業大学講義室 (目黒区大岡山)

議 題 (1) キャピターションの音圧のピークの位相と振動子の位相の関係

奥 島 基 良君 (東 工 大)

(2) 超音波の近距離音場と遠距離音場

和 田 八 三 久君 (東 大)

(3) 超音波の近距離音場と遠距離音場

鳥 飼 安 生君 (東大生研)

(4) 分散系の音波の伝播定数 (2)

岡 野 光 治君 (理 研)

### 2 信頼性と品質管理研究専門委員会

委員長 茅 野 健

日 時 9 月 8 日 (木) 14 時 ~ 17 時

場 所 電気通信学会会議室 (千代田区富士見町 2 の 8)

議 題 (1) 原因別寿命分布に関する二、三の研究

唐 津 一 君 (通 研)

(2) トランジスタの寿命試験について

色 摩 亮 次 郎君 (通 研)

### 3 オートマトンと自動制御研究専門委員会

委員長 高 橋 秀 俊

日 時 9 月 8 日 (木) 14 時 ~ 17 時

場 所 東大理学部会議室 (文京区本富士町)

議 題 (1) Computational Method for Speech Recognition

猪 股 修 二君 (電 試)

(2) 音声研究用ボコーダー

井 上 誠 一君 (国際電々)

### 4 アンテナ研究専門委員会

委員長 加 藤 安 太 郎

日 時 9 月 9 日 (金) 14 時 ~ 17 時

場 所 電気通信学会会議室 (千代田区富士見町 2 の 8)

議 題 欧米におけるアンテナ技術に関する雑感

内 田 英 成君 (東 北 大)

### 5 マイクロ波真空管研究専門委員会

委員長 小 池 勇 二 郎

日 時 9 月 12 日 (月) 14 時 ~ 17 時

場 所 東京大学工学部電気工学科論講室 (文京区本富士町)

議 題 (1) 18th Conference on Electron Tube Research の状況

中 村 幸 雄君 (通 研)

(2) 進行波管の雑音出力特性と S/N 改善対策の一、二の問題

磯 部 豊 作君 (富 士 通)

(3) 後進波管と Fast-wave coupler との関係について

神 原 満 男君 (通 研)

## 6. 通信方式研究専門委員会

委員長 染 谷 勲

日 時 9月13日(火) 14時~17時

場 所 国際電信電話(株) 研究所会議室(目黒区三田 12)

議 題 (1) FM 波に対する高感度受信方式(統) 森田正典君・伊藤祐弥君(日 電)  
(2) 位相同期復調方式 津村 隆君・小林信三君・太田堯久君(三菱電機)

## 7. 回路網理論研究専門委員会

委員長 川 上 正 光

日 時 9月13日(火) 14時~17時

場 所 東京工業大学講義室(目黒区大岡山)

議 題 磁気変調器出力特性の 1 解析法 猪 瀬 文 之君(日立中研)

## 8. トランジスタ研究専門委員会

委員長 岡 部 豊 比 古

日 時 9月20日(火) 14時~17時

場 所 東京大学工学部電気工学科輪講室(文京区本富士町)

議 題 (1) トランジスタ遅延回路 青柳健次君・佐々木次郎君(阪大工学部)  
(2) エサキダイオードの安定条件について 福 井 初 昭君(ソニー)  
(3) マイクロ波領域におけるエサキダイオードの特性 福 井 初 昭君(ソニー)  
◎ (10 月仙台での委員会の詳細は赤紙 3~4 頁参照)

## 9. マイクロ波伝送研究専門委員会

委員長 岩 片 秀 雄

日 時 9月20日(火) 14時~17時

場 所 早稲田大学理工学部会議室(新宿区戸塚町)

議 題 (1) マイク波とプラズマ(米国に於ける動向を見聞して) 菊 池 弘君(電 試)  
(2) 下側波帯周波数変換器 家 入 勝 吾君(NHK技研)

## 10. 磁性材料研究専門委員会

委員長 博 田 五 六

日 時 9月22日(木) 14時~17時

場 所 電気通信学会会議室(千代田区富士見町2の8)

議 題 (1) 矩形ヒステリシス磁性材料の Response について 渡 辺 昭 治君(国際電々)  
(2) 高周(ミリマイクロ) パルストランスについて 丸 林 元君(通 研)

## 11. 航空電子機器研究専門委員会

委員長 小 林 正 次

日 時 9月26日(月) 14時~17時

場 所 日本電気(株) 四階会議室(港区芝三田四町2)

議 題 (1) Airborne doppler Radar navigator について  
岡田 実君・田宮 潤君・東口 実君(東大航研)  
(2) Airborne doppler Radar navigator 用 simulator について  
岡 田 実君・丹 羽 登君・東 口 実君(東大航研)

## 12. 医用電子装置研究専門委員会

委員長 阪 本 捷 房

日 時 9月27日(火) 14時~17時

場 所 東大医学部本館会議室(文京区本富士町)

議 題 (1) 3rd International Conference on Medical Electronics への出席報告  
(展示会を中心として) 岩 井 喜 典君(東 芝)



### 13. インホメーション理論研究専門委員会

委員長 大 泉 充 郎

日 時 9月30日(金) 14時～17時

場 所 国際電信電話(株)研究所会議室(目黒区三田12の1)

議 題 (1) 宮川の多次元標本化定理の応用(Ⅱ) 笹 川 量 男君(逓信省物研)  
(2) 電子計算機による音声の発生について

猪股修二君・篠田隆子君(電 試) 正幡悦雄君・鈴木啓三君(電 機 大)

### 14. 非直線理論研究専門委員会

委員長 高 木 一

日 時 9月30日(金) 14時～17時

場 所 早稲田大学理工学部会議室(新宿区戸塚町)

議 題 (1) トンネル・ダイオードを用いた発振器について 家 入 勝 吾 君(NHK技研)  
(2) 電波制御型負性抵抗を用いた自励波動 志村正道君・南雲仁一君(東大工学部)

## 東 北 支 部

### 15. 電気音響研究専門委員会

委員長 富 田 義 男

日 時 9月30日(金) 14時～17時

場 所 東北大学電気通信研究所会議室

議 題 (1) 高密度記録用磁気テープについて

永井健三君・岩崎俊一君・守屋忠雄君(東 北 大)

(2) 東北電力ホールの音響特性および音響装置

二村忠元君・城戸健一君・柳沢武三郎君・菅井 勇君(東 北 大)

(3) 帯域騒音マスキングについて

齊藤収三君・渡辺真吾君(通 研)

(4) 音響機器用の機械音響振動計設計のための

等価回路定数について

右 井 鈴 枝君(通 研)

(5) 残響時間の検知限について

曾根敏夫君・二村忠元君(東 北 大)

(6) 残響室を用いた音響出力測定(Ⅱ)

伊 藤 毅君(早 大)

(7) 小型スピーカーの性能とその問題点

富 田 義 男君(日本ビクター)

### ◎ トランジスタ研究専門委員会 10月の予定

日時場所 10月27日(木)～28日(金) 東北大学電気通信研究所会議室(仙台市桜小路)

議 題 27日(木)・9時30分～17時

(1) Solid State Conference (1960. 6月 ビックハーフ) に出席して

武 田 行 松君(日 電)

(2) 飽和トランジスタのインピーダンス

沢 辺 弘君(通 研)

(3) PN 接合に対する熱歪の影響

中 村 哲 郎君(日 電)

(4) 半導体によるマイナスLとマイナスCについて

西沢潤一君(東北大) 小島敬基君・中村 正君(富士通) 米山朗夫君( )

(5) メサトランジスタの特性について

前田宗雄君・前川俊一君・大幸浩一君(神戸工業)

(6) 少数キャリア蓄積時間に及ぼす外部回路の影響 田子島一郎君(NHK技研)

(7) シリコン高出力高周波トランジスタ

藤 沼 功 一君(東 芝)

日 時 28日(金) 9時30分～17時

(8) エサキダイオードの論理回路の特性

大島信太郎君・榎本 肇君・天野橋太郎君(国際電々)

- (9) エサキダイオードの電源安定装置 安田順一君・田玉希君 (ソ ニ ー)
- (10) ダイオード、トランジスタ "NOR" 回路について 喜田村善一君・寺田浩詔君 (阪 大)
- (11) 複合回路による発振器について 三宅康友君・須山正敏君 (日 大)
- (12) 広帯域インピーダンス変成器を用いたトランジスタ 70 Mc 中間周波増幅器 渡 辺 宅 治君 (通 研)
- (13) トランジスタ化工業計器について 猪瀬文之君・木下敏雄君 (日立中研)
- (14) トランジスタマルチバイブレータ 青柳健次君・佐々木次郎君 (阪大工学部)

**懇 親 会** 27 日 (木) 於小原温泉但し、27 日 (17 時) 東北大学より、翌 28 日朝東北大学へ定刻迄に到着のバスを出します。

**見 学 会** 28 日 (金) 委員会終了後東北大学内の関連部門を見学予定

**申 込** 会費 (宿泊料を含む) 1,000 円を添え 東北大学電気通信研究所西沢潤一宛

10 月 15 日 (必着) までにお申込み下さい。前着日 (26・28 日) の宿泊の斡旋も致しますから (A) 又は (B) と指定の上、上記にお申込み下さい。

宿泊料 (A) 1,000 円 (B) 700 円

◎ 9 月休会の委員会 「電子計測機」「電波伝播」

## 電気四学会東海支部連合大会講演募集

- 日 時・会 場** 11 月 18 日 (金) 19 日 (土) 於 名古屋工業大学 (名古屋市中昭和区御器所町)
- 応募者の資格** 所属会員に限る。連名の場合でも講演者は会員でなければならない。
- 講 演 内 容** 最近行なった研究又は挙げた成果であること。
- 募 集 制 限** 発表件数に制限はないが、内容が極めて類似したものが数件にわたることは認めない。
- 講 演 部 門** (全国) 連合大会の部門に準じて希望部門を申し出ること。ただし組合せの都合により変更することがある。
- 講 演 時 間** 1 件 20 分以内で所要時間を申し出ること。
- 講 演 要 旨** 謄写印刷により論文集を発行する。講演申込者は 1 件につき 2,400 字以内の要旨を提出すること。(刷上り 2 頁ただし図面を入れる場合にそれだけ文章を縮めること。) 図面は縮尺しないから適當の大きさに、墨入れの必要はない (1 頁の大きさは 200 × 130 mm)。別刷希望者は必要部数を申込書用紙に記入申込むこと。
- 講演者参加費** 300 円、講演者には論文集 1 部及び別刷 50 部を贈呈する。ただし別刷 50 部以上 (50 部単位) 1 部につき 2 円申受ける。
- 申込方法および申込期限** (1) 講演申込書、原稿の書き方、原稿用紙は申出により差上げる。郵送の場合は 8 円切手を添付すること。(2) 講演申込書に所要事項を記入し原稿用紙に書いた原稿と参加費 300 円を添え、10 月 15 日 (土) 午後 5 時までに提出すること。
- 申 込 先** 名古屋市千種区不老町、名古屋大学工学部電気工学教室内。
- 主 催** 電気学会、電気通信学会、照明学会、テレビジョン学会東海支部

電気学会東海支部連合大会係



# 昭和 35 年度 電気通信学会 全国大会

## 一般講演およびシンポジウム講演募集

申込書および原稿提出期限 9 月 19 日 (月) 午後 5 時

本会誌 7 月号に募集要綱を發表いたしました。都合により、申込書および原稿の提出期限 9 月 12 日を上記の通り変更いたします。今回は、前回と違つて、申込者と原稿を同時に出していただくこととなりますので、特に御留意願います。(7 月号会告の、期限 9 月 12 日 (月) を上記の通り変更)

また、シンポジウム講演も一般講演と同様一般から公募することといたしましたので、7 月号に發表したシンポジウム課題に該当する研究業績をお持ちの方は、附つてシンポジウムに御参加下さい。

## 一般講演・シンポジウム講演募集要綱

**応募者の資格** 本会会員 (准員、学生員を含む) に限る。ただし連名の場合は、会員以外のものを含んでもよいが、講演者は、会員 (准員、学生員を含む) でなければならぬ。

**講演内容** 最近行なつた研究および調査の報告、または成果をあげた新しい企画および試験結果の報告、新製品の紹介等で、学術的に価値ある未発表のものに限る。ただし内容が不適当であると認めたものは採択しない場合がある。

**応募上の制限** 講演は、1 人 1 件 (発表形式 A または B のいずれか 1 件) に限る。(同 1 人が数件の応募論文に共著者として参加することはさしつかえないが、内容がきわめて類似したものを数件にわたつて発表することは認めない)

**発表形式** 次のいずれかによる。

(A) 一般講演

(B) シンポジウム講演 (発表課題のいずれかに該当する内容のものに限る) ただし内容審査の結果 (A) から (B) へ、または (B) から (A) へ変更する場合がある。

(この場合参加費の変更は行わない)

**シンポジウム課題** 7 月号会告参照

**講演時間** 発表形式 (A) のものは 1 件 10 分以内、(B) のものは 1 件 20 分以内。ただし都合により短縮する場合がある。

**講演予稿** オフセット印刷により講演論文集を出版する。「(A) は 1 頁、(B) は 2 頁」オフセット印刷は、講演者の提出された原稿をそのまま印刷の原版とするものであるから、原稿は「原稿の書き方」により所定の原稿用紙に記載すること。原稿の書き方が不適当で印刷に支障ある場合は不採択となる場合がある。

**講演者参加費** 発表形式 (A) は 400 円、(B) は 500 円、大会次第書、参加章、別刷 50 部を進呈、ただし、講演不採択の場合は、参加費を返却する。

**申込方法および申込期限** (a) 「講演申込用紙」「原稿用紙」「原稿の書き方」は申出により送付する。申出の際に発表形式 (A)、(B) の区別を明記すること。(郵送を要する場合は、返信料 8 円添付のこと)

(b) 講演申込用紙に必要事項を記入し、原稿および講演者参加費 (上記参照) を添え、9 月 19 日 (月) 午後 5 時までに申し込むこと。(この時間後に到着したものは受理しない)

**申込および原稿送付先** 東京都千代田区富士見町 2 の 8 電気通信学会

振替東京 35300 番 電話 (331) 7348 番、(301) 3231 ~ 5 番

電気通信学会全国大会委員会

# 昭和35年電気四学会連合大会

## 講演論文集およびシンポジウム予稿について

去る7月、札幌で行われた電気四学会連合大会講演予稿およびシンポジウム予稿のうち、下記のものはまだ若干部数残っております。御希望の方は、代金を添えて下記宛至急お申し込み下さい。

## 昭和35年連合大会講演論文集

|                                  |                     |                                |
|----------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| 合本Ⅲ(分冊 14~17 合冊 400件 著者索引付) 550円 | 分冊11. 発送配電(その2) 89件 | 130円                           |
| 分冊2. 放電物理 108件                   | 160                 | (1系統, 2AFC, 3安定度, 4コンデンサ, 5继电器 |
| 〃 5. 電気計算機 125件                  | 190                 | 6異常電圧, 7故障点検定器, 8サージ)          |
| 〃 6. 電気材料 130件                   | 190                 | 〃 12. 発送配電(その3) 77件            |
| 〃 7. 原子力 32件                     | 50                  | (1コロナ, 2搬送, 3母線, 4送電線, 5碍子)    |
| 〃 8. 電気機器(その1) 108件              | 160                 | 〃 13. 電気鉄道, 照明, 電力応用 77件       |
| (1同期機, 2非同調機, 3直流器, 4変圧器, 5雑)    |                     | 120                            |
| 〃 9. 電気機器(その2) 84件               | 130                 | 〃 14. 弾性振動・音響 81件              |
| (1整流器, 2遮断器, 3避雷器, 4磁気増巾器)       |                     | 120                            |
| 〃 10. 発送配電(その1) 55件              | 80                  | 〃 15. 電磁波・アンテナ 74件             |
| (ケーブル)                           |                     | 110                            |
|                                  |                     | 〃 16. マイクロ波 125件               |
|                                  |                     | 190                            |
|                                  |                     | 〃 17. 電子管 120件                 |
|                                  |                     | 180                            |
|                                  |                     | 〃 21. 電気通信 133件                |
|                                  |                     | 200                            |

## 「シンポジウム」講演予稿 (定価各1部60円)

- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| S-2 北海道を中心とした航行電子機器の諸問題 | S-6 道路照明について         |
| S-3 核融合の工学的諸問題について      | S-7 音声について           |
| S-4 遮断器の等価試験法について       | S-8 テレビ電波の長距離伝ばんについて |

申込先 東京都千代田区富士見町2の8 電気通信学会

## 電気関係学会関西支部

## 昭和35年度連合大会予告

標記連合大会を下記のようにシンポジウムを主体として開催することになりました。会員多数の参加を希望します。なお詳細は追って発表します。

期 日 昭和35年11月26日(土), 27日(日)

場 所 京 都 大 学

講演 特別講演 1 件

シンポジウム 17 課題

- |            |                |   |      |
|------------|----------------|---|------|
| (電気関係)     | プラズマに関する諸問題    | 他 | 4 課題 |
| (電気通信関係)   | 電子計算機に関する問題    | 他 | 5 課題 |
| (照明関係)     | 光源の諸問題         | 他 | 2 課題 |
| (音響・テレビ関係) | 超音波によるキャビテーション | 他 | 2 課題 |

主 催 電気学会・電気通信学会・照明学会・日本音響学会・テレビジョン学会各関西支部



# 会 員 諸 君 へ の お 願 い

## 会費徴収方法の変更について

従来、会員の会費徴収については、団体扱いによる会員のほかは、任意の時期にお払込みを願ひ、お払込みのない場合、年四回定期的に（2月、5月、8月、11月）督促することに致して来ましたが、事務の簡素化と会費収納の確実を期するため、下記のように会費徴収方法を改めることになりましたので、御了承の上何卒御協力をお願いいたします。

### 記

1. 会費は、学会事務所からの請求によつて払込むこと。
2. 会費は、半年分を6月（7月から12月まで）および12月（1月から6月まで）に予納すること。
3. この方法は、昭和35年12月から実行します。従つて今後お払込みの分は、12月分までにして下さい。
4. 会費納入月から6カ月間会費のお払込みのなかつた場合は、予告を行なつて雑誌の発送を停止します。
5. 前項によつて雑誌発送停止後、なお6カ月間会費のお払込みがない場合は、予告を行なつて除名になります。

## 35年6月号から雑誌発送停止者 (35. 8. 10 現在)

正員 (ア) 青山光久 (中野区江古田2の88 晴風荘内)、浅見秀司 (渋谷区長谷戸町22)、東 俊之 (春日井市浅山町1310 泉営住宅19号)、荒木淳三 (中野区鷺宮1の226)、有馬史材 (八代市豊原下原電々社宅)、有賀幸信 (世田谷区玉川中町1の56)、(イ) 伊佐国一 (渋谷区代々木富ヶ谷1439 代々木富ヶ谷寮)、伊崎敏郎 (米子放送局)、石川 博 (焼津市焼津539の3)、石原鼎三 (刈谷市大字刈谷字元中杜南11)、磯野 実 (高崎市常盤町41)、市川四郎 (長野市狐池43)、伊藤栄一 (吹田市千里山虹ヶ丘12の403)、岩狭源晴 (西宮市高木西町129)、岩淵三郎 (松山中央放送局)、印南末衛門 (ラジオ高知)、岩瀬新年 (三洋電機半導体研究所)、(ウ) 宇佐美雄幸 (渋谷区千田ヶ谷5の902 日立ハウス)、宇治幸朝 (和歌山市平岡76)、内田郁夫 (電々公社監査局)、宇野 尚 (茅ヶ崎市小和田4538)、(エ) 江頭俊之 (日電玉川事業所)、江崎玲於奈 (ソニー)、江田泰通 (宮崎市老松通1の25)、遠藤正孝 (札幌電話局)、(オ) 大崎 久 (国際電々八俣送信所)、大島良典 (名古屋搬送通信部)、大角春夫 (東陽工業)、太田 需 (国鉄)、黄 延 福 (石川トレーディングコンパニー)、大貫 明 (金石舎研究所)、大矢 隆 (名古屋市市中村区中村町1の101)、岡田重喜 (北海道札幌郡琴似町)、岡田万久 (東映)、小倉敬一郎 (杉並区永福町161)、小田誠夫 (三菱電機)、落合喜三次 (豊橋市松葉町146)、音居久雄 (大日電線)、(カ) 笠井耕一 (日立)、片岡 基 (杉並区方南町92 小林方)、加藤和明 (原研)、神沢 等 (鈴鹿市白子町北社宅)、唐木田実 (文京区小日向台町1の35)、河井淳二 (不明)、川池憲一郎 (甲南電気)、川西健次 (日大)、河野幸雄 (徳島電話局)、(キ) 木村俊男 (名古屋市中千種区田代町字瓶入1の1)、清宮弘基 (横浜市舞岡町115 舞岡アパートA-3号)、金 孝 栄 (慶北大)、(ク) 草階一雄 (札幌テレビ放送)、久保菊雄 (目黒区下目黒2の335 箕輪方)、久保雄一郎 (電々公社)、桑沢郁郎 (練馬区貴井町427)、栗原淑夫 (三井鉱山三池工業所)、(コ) 小迫秀夫 (大阪市住吉区万代4の61)、小竹兵次郎

(市川市真間119). 木庭 功(鹿兒島電話局). 小林 登(文京区大門町26). 小又朝男(三鷹市下連雀210). (サ) 桜井 茂(富士通信). 桜木俊彦(新潟電気通信部施設課). 佐藤達男(東海大学). 佐藤良弥(NHK). 佐分利治(不明). 佐田正司(杉並区萩窪1の86). 沢田晋夫(大船市大船560). (シ) 塩野谷隆(板橋区志村中台町1317の16). 鹿鹿貞吉(浦和市大谷場11). 柴田寿生(箕面市桜町698). 柴田敏明(鎌倉市岡本47). 浜田正男(九州電力). 浜野 彰(武蔵野市吉祥寺2813). 島田武治(八俣送電所). 清水勉二(多工大). 新谷武四郎(大田区馬込町東2の1122). (ス) 本崎真(日電放送工業部). 鈴木乾一郎(NHK技術現業局). 鈴木貞志(神戸市垂水区瑞ヶ丘955). 鈴木武二(NHK技術現業局). 鈴木立之(電々公社技師長室). 砂石光雄(北海道通信局). (セ) 清野 浩(仙台市長町北町145 安斉方). (ソ) 曾我政弘(豊中市刀根山町1の16の1黒木方). (タ) 渡橋 顕(松下電器貿易輸入部). 高木辰夫(長崎電話局). 田中三郎(北大). 田中富雄(名古屋市昭和区花園町NHK荒田寮). 田島久治(豊島区長崎町3の35). 田中貞彦(名古屋市千川区岩塚町字小鴨25の6). 玉田令二(福岡市東区久町原田山43の69). 森貝寿夫(青森放送局). 丹野泰行(仙台中央放送局). (ト) 徳崎義雄(山光社). 豊浦睦雄(広島市東区電々公社東農寮). (ナ) 中川章志(14 EVERETT AVE Ossining, N. Y.). 中島治久(電々公社横浜工場). 仲瀬一彦(大阪中央放送局). 長田昭一(昭和電線電装). 中野通夫(菱電社). 中村慶次郎(世田谷区七馬町2の191). 中村清昭(名古屋市中央放送局). 永山 亮(広島中央放送局). 南 保雄(相模原線中継所). (ニ) 西田俊夫(八尾市大竹828). (ノ) 野崎慶治(世田谷区下馬2の62). (ハ) 沢久 平(鎌倉市鶴ヶ橋1の3). 浜田 博(阪大). 林 義雄(松下電器東京特販営業所). 原 重義(杉並区下井草町186). (ヒ) 平野公夫(大田区東蒲田4の5石坂方). (フ) 船橋勝右衛門(電々公社荏窪電気通信工業工場). 朴 燭 義(天理市川原城北2). (ホ) 保坂陽一(甲府電報局). 堀江正行(九州通信局). (マ) 牧野貞治(品川区上目黒5の2420). 桜 保行(岐阜県掛妻郡春日村川合). 松田任啓(京都府相楽郡清華町字智井). 的崎 健(東芝千原寮). (ミ) 溝 口 実(南多摩郡日野町多摩平岡通79号棟402号). 宮坂重雄(アレキサンダー・ターク協会). 宮下南夫(長野市市越154). 宮原英二(品川区荏原町4の175). 宮前信一(大阪府南河内郡美原町大字阿部20の1). 宮本雄一(横浜市港北区篠原町175). (ム) 村松 明(NHK 技術現業局). 室生龍三(鹿兒島大). (モ) 森 政弘(目黒区上目黒6の1488). (ヤ) 谷田部榮一(横浜市南区永田町1196). 山口清生(渋谷区猿樂町31の1 電々公社アパート216号). 般若直亮(鎌倉市大町字西町961). 山田治郎(関東警視庁警察山梨県通信出張所). 山田俊治(横浜市神奈川区西神奈川町5の153). 山本阿倍(浜松放送局). 八幡康介(日電革新寮). (ヨ) 吉岡晋夫(世田谷区豊町5の105). (ワ) 若林 元(杉並区久我山2の582).

准 員 (ア) 荒川淳三(郷路市広畑区広畑富士鉄清水寮). (イ) 石井康一(文京区向ヶ丘遊生町3 修海館). 石井 悠(世田谷区北沢4の336秋田寮). 石津 謙(九大). 伊藤英二(名古屋市市中区新栄町6の25). 伊藤晋之(名古屋市市中区南外堀町2の4). 岩本雅民(武蔵野市吉祥寺防長教育会). (ウ) 内海義明(笠原電機). 宇 山 登(大阪市住吉区粉浜東之町1の23久保田鉄工密塚山寮). (エ) 江 川 進(品川区南品川5の177). (オ) 大江宏治(品川区西中延2の234). 大和貞治(品川区酸州244東寮). 小川 明(新宿区大久保町2の342 KDD 新宿分寮). (カ) 加世田一三(文京区富坂町2の4橋本方). 片野正敏(世田谷区砧町206NHK 清明寮). 加藤幸夫(名古屋市千種区城木町1の24). 川島真知夫(千葉県茂原市下永吉日立早野寮). (キ) 菊地 應(仙台市角五郎丁30). 岸川英三(横浜市港北区大豆戸町字安山東芝菊名寮). 木島貞郎(練馬区小竹町2386 江内方). (ク) 草刈成之(仙台市大町松下電器仙台営業所). グナティラカ(杉並区西荏窪3の127). 桑原 洋(杉並区阿佐ヶ谷1の763). (コ) 小坂見義(横浜市港北区新吉田町1525の27). 興石 陽(世田谷区世田谷5の3156). 小田部宗倫(不明). 小林隆功(北海道電力). 吉 村 光(青森県北上市十和田町大字奥入瀬字葛岡有林122 東北電力十和田発電). (サ) 佐々木敬(不明). 笹田雅昭(尼ヶ崎市塚田西浦三菱電機開心寮). 佐藤隆史(日立市成沢町1751 日専寮). 佐藤昭昭(下代田区神田駿河台3の3). 佐藤寛(大阪市旭区大宮町5の30). 里見義康(日本無線). (シ) 塩原信司(文京区湯分町89 東大湯分寮). (ス) 周 澄 溟(中国台湾省台北市武昌街一段36号). 杉元重時(日電研究所第二研究所). (タ) 浅木正男(川崎市下沼部1923 森方). 高橋一哉(日立市成沢町日立日専寮). 高橋久隆(日本テレビ放送網技術局). 高橋正美(柏市日立西台86). 高山雄一(千葉市長州町1の80). 武内合典(三菱造船平戸小屋寮).



田中乙次(品川区豊町2の1356 恩田方), 玉田 堯(名古屋市熱田区五番町3の23), (ト) 戸田久良(名古屋市千種区大島町2の30 大橋方), 飛田 進(目黒区上目黒1の77), (ナ) 中北倫男(横浜市港北区大豆戸町安山 217 東芝菊名寮), 長田 朗(大阪市阿倍野区長瀬町32 富士アパート), 中山梅雄(名古屋市千種区清住町3の44), (ニ) 西川 守(神戸市生田区栄町通5丁目富士交夏), (ノ) 野本吉二(大田区調布嶺町2の7 笠原方), (ハ) 橋 口 博(目黒区原町1 248 安田方), (フ) 草 井 登(横浜市港南区西町1460 千井方), (マ) 前田正博(西多摩郡福生町志茂135), 横田康男(横浜區四葉町1038), 正田英介(市川市菅野町1の7), 松本充介(熊本県荒尾市増永300), (ミ) 富木健吉(浦田區区北沢5の879 野村方), (ム) 向井正秀(丸の内地区電話局霞ヶ関分局), (ヤ) 山田善明(三洋電機), (ヨ) 吉丸朝久(佐賀県三養郡三根村統命院).

## 居 所 不 明 者 (35. 8. 10 現在)

(ア) 相沢一光(光洋電器), 秋山英雄(横浜市鶴見区駒岡町234 ミツ池病院内), 荒木康晴(神奈川県足柄郡箱根町管根電話中継所社宅), 明石 甫(根田谷区玉川等々力町1の7), 綾 正行(高知市郡屋町94) (ウ) 上原 清(川崎市小杉町3の262 小杉荘内), (オ) 長田史莊(中野区上町40 岡本方), 大 塚 実(仙台市北六番丁37), 大谷晃一(横浜市中区長者町4の43 長者ビル403), (カ) 金子友次(藤沢電報電話局), 上村正男(室蘭工大), 川上敏喜(大田区大森 5-170 小島方), 川野哲治(横浜市南区大岡町715), (キ) 菊池重彦(新宿区上落合2の8104 明荘11号室), 吉良寛一郎(松山市松の木町2816), (ク) 久保 忍(福岡市横平字坂本601 井尻寮), 草階一雄(札幌テレビ放送局), 桑田十一(那山市石淵60 浅野方), (コ) 香崎銀博(阪大工学部), 小林秀正(富士通信機大阪販売店), (サ) 斉 藤 実(長野県埴科郡埴生町敷蔭 990), 齊藤清高(新宿区戸塚町3の143), 坂田忠三(大興電機矢板工場), 坂本 学(北陸電気通信局), 佐々木義信(信越電波監理局), 佐甲哲三(千葉市稲毛町2の4), (シ) 清水保定(品川区東品川3の37 松本方), (セ) 瀬川 馨(電々公社保全局電信機械課), 瀬崎広泰(新宿区信濃町23の7 実川方), (タ) 武田安弘(大田区池上町173), 武正礼二(北区稻付町3の42), (ツ) 塚田正治(名古屋市南大津通2の5 中部電力), 角田丘重(横須賀市大津町2の9 斎藤方), (ナ) 永山盛敏(長崎市本河内町1の2700), 長田豊秋(富山市古定塚仰正寮), (ヌ) 沼田誠作(調布市入間町1630 学園寮内), (ノ) 野口源治(練馬区中村南町2の273 中村寮), (ハ) 馬場照明(横浜市戸塚町4825), 芳賀淳一(新宿区戸山町1の1 瀬野方), (ヒ) 東 敏彦(豊飾区水之小合町307 広岡方), (フ) 古田 忠(公社建設局建設課), (マ) 真鍋 隆(石本通信建設高岡波部) 前野時康(長崎市飽浦三菱造船内), 丸山孔八(杉並区狹窪1の58之井方), (ミ) 水谷 宏(横須賀市林1113), (ム) 村上 実(富山県婦郡町和合町布月電波官舎), 村岡代介(小倉市日明), (モ) 望月 真(調布市金子町1993 小川アパート), 本永朝雄(目黒区自由ヶ丘330 本村方), 森 勝紀(吹田市浜の堂町33の2), (ヤ) 山田治郎(横浜市南区井土ヶ谷上町84の44), 山田善明(大阪府守口市京阪本通2の18 三洋電機内), (ヨ) 横沢典男(日立市助川1405 日立製作所), 吉沢二郎(西宮市松山町45 国鉄アパート B411号), (ワ) 若井 清(足立区千住宮之町27).

35年3月卒業生 (東 大) 油本暢男, (東工大) 梅母京裕, 草間武夫, 古戸義雄, (中 大) 秋山鎮男, 板橋武夫, 尾見嘉彦, 岡和田昇, 瀬川四郎, 中 田 隆, 水島和夫, 宮川智昭, 山内 明, (電 通 大) 久門敏彦, 藤野 馨, 渡辺成一, (名古屋大) 中山梅雄, 成田 正, 春 増 紀, 山田順幹, (武 工 大) 井上 功, 梅本智昭, 小笠原 榮五郎, 岡本吉晴, 後藤勝彦, 古場常昭, 富樫恒之, (大阪府大) 居相邦彦, 岡本光介, 片 勝宏, 阪本 慧, 辻村 務, 中村泰三, 林 圭一, 林 寛延, 山口勝己, (信 大) 木下義忠, 才 治 勉, 沢田雅俊, 滝沢芳郎, 土屋 登, 松 橋 果, 宮川威司, 宮城保敏, (東 北 大) 河原田 宏, 小林久人, 桜井伸篤, 仲宗根満, (都立大) 梶谷勝一, 佐内則夫, (日 大) 上地政一, 池田輝夫, (岩手大) 沢村英治, 松岡俊司, 吉田一郎, (広島大) 飯田 朗, 富所 茂, 村田多由, (静 大) 榊原 進, 宋広富司, (千葉工大) 平川光則, (京 大) 岡野美彦, (福井大) 島津勝治, (名工大) 岡本倫夫, (大阪大) 岩崎忠彦, 岡本 正, 佐藤 隆, (早 大) 高田浩雄, (明 大) 笹井三雄, (愛媛大) 木村 淳.

## 稲田記念学術奨励金受領者推薦について

第12回稲田記念学術奨励金受領者は、昭和35年電気四学会連合大会において行われた講演を対象としてその講演者の中から選ばれます。この選定は、上記連合大会における各座長、本会稲田記念学術奨励金受領者選定手続による推薦母体及び一般会員（正員）推薦のものを一諸にし、委員会の審査投票を経て決定されます。

下記参照の上多数御推薦あらんことを希望します。

1. 選定範囲および推薦数 昭和35年電気四学会連合大会講演論文集およびシンポジウム予稿に掲載されている通信関係論文の講演者の中から最も適格と認められる者1人。
2. 推 薦 用 紙 下に添付の推薦用紙を切り取り、所定の事項を洩れなく記入して本会宛郵送のこと。
3. 推 薦 資 格 本会正員に限る。
4. 被 推 薦 資 格 本会会員（准員を含む）であつて、上記大会における講演者であること。大学の学部卒業後10年未満の者、又はこれと同等と認められるもの。未だ本奨励金を受領したことのないもの。
5. 締 切 期 日 昭和35年9月20日

— 切 取 線 —

### 稲田記念学術奨励金受領者推薦用紙（第12回）

|               |                |
|---------------|----------------|
| 発表者氏名<br>(所属) | ( )            |
| 発表大会名         | 昭和35年電気四学会連合大会 |
| (講演番号)        | ( )            |
| 題 名           |                |
| 推 薦 理 由       |                |
| 推 薦 者<br>住所氏名 | 正 員            |



# 電 気 工 学 年 報

昭 和 3 5 年 版

予 約 募 集

B5 判・650 ページ・上質紙使用

定 価 450 円 (送 料 50 円)

会 員 予 約 特 価 350 円 (送 料 当 会 負 担)

☐ 会員特価は、電気通信学会および照明学会会員にも適用します。

☐ 10 部以上を取りまとめて申込まれる場合は、予約特価の 1 割引。(送料当会負担)

☐ 会員予約特価の払込期日 9 月 30 日まで。(発行は 10 月中旬の予定)

**電気工学年報** は、電気学会調査研究委員会の各技術委員会が電気工学および工業の全部門における進歩発達の状態を内外にわたり調査編集したもので、関係各位の必須の文献として広く利用されております。ここに昭和 34 年版以降の状態を集録し、35 年版を発行することといたしました。

**製品紹介欄** は、日本の工業が生んだ製品を広く紹介し、内容の周知を図り、需用の便に供する目的を以て 27 年版よりこれを設けたもので、日本工業界の最先端を知りうる好個の資料として好評を博しているものであります。35 年版も、本邦の代表的メーカー数十社の製品を約 300 ページにわたり紹介、本文と表裏一体となって本年報の内容を一層豊富にしております。

**廉価提供** 本年報は、本文 340 ページ、製品紹介 300 ページ、上質紙使用の上製本であります。とくに広く普及する目的で会員予約特価 350 円の廉価としました。

—内容目次裏面参照—

東京 都 千 代 田 区 有 楽 町 1 の 3

発 行 所 電 気 学 会

振 替 口 座 東 京 3 1 6 8

# 内 容 目 次

## 1 教育および研究

- 1 教育 2 研究 3 学会 4 特許

## 2 電気物理

- 1 応用数学 2 物性 3 放電 4 音響  
5 電気回路

## 3 電気計測

- 1 単位および標準 2 電気計器 3 需給計器  
および計器用変成器 4 電気磁気測定 5 電気  
応用計測

## 4 電子回路

- 1 正弦波回路 2 パルス回路 3 その他の回路  
4 電子回路部品

## 5 電子装置

- 1 電子管材料 2 真空技術 3 放電管  
4 送信管 5 受信管 6 マイクロ波管  
7 光電子管および電子増倍管 8 電子線管  
9 電子顕微鏡 10 X線管 11 粒子加速装置  
12 トランジスタ 13 半導体素子 14 パラメ  
トリック増幅器

## 6 電気機器

- 1 同期機 2 誘導機 3 交流整流子機  
4 直流機・回転変流機 5 水銀整流器・接触変流  
機・電力用半導体整流器 6 変圧器 7 電力用  
コンデンサ 8 シャ断器・開閉器・ヒューズ  
9 避雷器 10 磁気増幅器 11 配電盤・制御  
装置

## 7 電力

- 1 電気事業 2 電力系統 3 水力発電 4 火  
力発電 5 特殊発電（風力・地熱・潮力） 6 変電  
7 架空送電 8 地中送電 9 配電 10 電  
力用通信 11 給電

## 8 電灯照明

- 1 照明の基礎 2 光源 3 照明器具  
4 照明施設

## 9 電気鉄道

- 1 電気鉄道一般 2 電鉄用変電所 3 電車線路  
4 電気車 5 信号 6 鉄道通信

## 10 電気通信

- 1 通信事業・統計 2 通信理論 3 通信基準  
4 音響・通話標準 5 電話機 6 交換方式・  
装置 7 電信方式・装置 8 伝達方式・装置  
9 通信用線路 10 電波伝播 11 アンテナ  
12 無線通信方式・装置 13 放送 14 通信  
用部品・材料 15 通信用電源 16 航法無線・  
レーダ・電波応用・モノタイプ

## 11 電気材料

- 1 金属材料 2 磁気材料 3 無機材料  
4 有機材料 5 電気材料試験法

## 12 電線およびケーブル

- 1 裸線 2 電力ケーブル 3 通信ケーブル  
4 絶縁電線 5 巻線

## 13 電気化学・電熱

- 1 電池 2 水溶液電解 3 溶融塩電解  
4 電熱化学 5 電解冶金 6 表面処理および  
防食 7 電解用直流電源 8 誘電加熱  
9 誘導加熱 10 アーク加熱 11 抵抗加熱  
12 溶接

## 14 電気応用

- 1 電動力応用 2 一般電気応用

## 15 オートメーション

- 1 自動制御理論 2 変換装置 3 制御用機器  
4 遠隔測定および制御 5 電子計算機および事務  
機械 6 オートメーションの実施面

## 16 原子力

- 1 原子力平和利用活動 2 原子核 3 原子炉  
工学 4 原子動力 5 放射線計測 6 放射  
線および放射性同位元素

### 製品紹介

電力用機器  
産業用一般機器  
原子力およびオートメーション機器  
計測機器および試験装置  
家庭電気用品  
電線・ケーブル  
通信機器  
電気材料



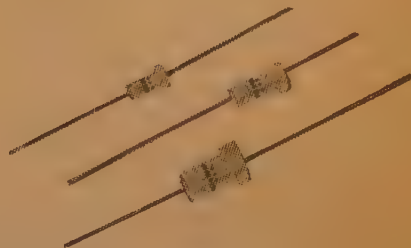
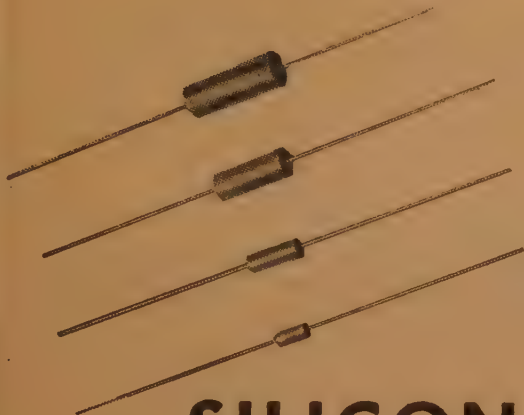
# FANSTEEL

FANSTEEL METALLURGICAL CORPORATION  
North Chicago, Illinois, U. S. A.

## TANTALUM CAPACITORS

SOLID TYPE "S-T-A"

WET TYPE "PP"



その他 Foil, Wire, Powder .....

## SILICON RECTIFIERS



MOLYBDENUM  
COLUMBIUM  
TUNGSTEN  
77 METAL  
CARBIDE TOOLS

過去50年にわたりファンスティール社は各種希小金属を供給して参りました。ファンスティール社から電子工学用素材としてのシート、フォイル、ロッド、ワイヤー、パウダー、キャパシター、等が日本に輸入されて居ります。

日本総代理店  
ESTABLISHED 1871

# GETZ BROS. & Co.

## ゲッツブラザース商会

東京都港区麻布仲之町21 電話 (481) 8461~9  
大阪市北区老松町3丁目西天満ビル411号 電話 (36) 8555



# 電 気 通 信 学 会 雑 誌 第 435 号

第 43 卷 (昭和 35 年 8 月) 第 8 号

## 目 次

### 講 演

|                |             |           |
|----------------|-------------|-----------|
| 気象と電子技術.....   | 荒 川 秀 俊     | 859 ( 1 ) |
| 雪とテレビジョン ..... | 正 員 浅 見 義 弘 | 867 ( 9 ) |

### 論 文・資 料

|  |                   |            |
|--|-------------------|------------|
| フェライトを用いたマイクロ波インピーダンス直視装置... {         | 正 員 小 岩 原 片 啓 義   | 873 ( 15 ) |
| Signal-Flow-Graph を用いる連立線形方程式の解析 ..... | 正 員 川 上 正 雅       | 878 ( 20 ) |
| および Signal-Flow-Graph の構造に関する一考察 {     | 正 員 佐 上 川 正 雅     | 878 ( 20 ) |
| 電気機械系波器の定数測定法 .....                    | 正 員 尾 上 守 夫       | 884 ( 26 ) |
| 同軸エルボの定在波比の Tchebyscheff 近似 .....      | { 正 員 小 柴 西 田 良 定 | 889 ( 31 ) |
| 電話用受話器の磁気回路 .....                      | { 正 員 新 島 木 村 諒 辰 | 894 ( 36 ) |

### 投 書

|                           |             |            |
|---------------------------|-------------|------------|
| 通常の導波管の正規横電, 磁界の完全性 ..... | 正 員 飯 口 真 一 | 901 ( 43 ) |
| 収束性の悪い数列の極限值を推定する方法 ..... | 正 員 飯 島 泰 蔵 | 906 ( 48 ) |

|                            |  |            |
|----------------------------|--|------------|
| 海外論文紹介 [海外論文抄訳 26 編] ..... |  | 909 ( 51 ) |
|----------------------------|--|------------|

### 技 術 展 望

|                |               |            |
|----------------|---------------|------------|
| 音韻識別について ..... | { 正 員 斎 藤 収 三 | 925 ( 67 ) |
|                | { 正 員 松 田 亮   | 925 ( 67 ) |

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
| ニ ュ ー ス ..... |  | 931 ( 73 ) |
|---------------|--|------------|

|                |          |            |
|----------------|----------|------------|
| 標準電波の偏差表 ..... | 郵政省電波研究所 | 934 ( 76 ) |
|----------------|----------|------------|

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
| 本 会 記 事 ..... |  | 935 ( 77 ) |
|---------------|--|------------|

|                         |  |            |
|-------------------------|--|------------|
| 採録決定論文名 (8 月編集会分) ..... |  | 936 ( 78 ) |
|-------------------------|--|------------|

### 会 告

|                              |  |       |
|------------------------------|--|-------|
| 電気通信技術委員会研究専門委員会開催通知 .....   |  | (前付)  |
| 昭和 35 年度全国大会講演募集について .....   |  | ( " ) |
| 関西支部連合大会予告について .....         |  | ( " ) |
| 会員諸君へのお願い (滞納会費一掃について) ..... |  | ( " ) |
| 稲田記念学術奨励金受領候補者の推薦について .....  |  | ( " ) |
| 東海支部連合大会講演募集 .....           |  | ( " ) |

同軸搬送用測定器

昭和35.8

AUG 1960



同軸搬送用測定器

安立電気株式会社

(安立電気株式会社)

トレベル測定器と 0.8~600kc の発振器、レベル測定器、選択レベル測定器その他である。これら一式の測定器で端局から伝送路のすべての測定を行なうことができるもので日本電気株式会社製の搬送電話装置一式とともに輸出される。

表紙写真説明

この夏インドに輸出される 960 通話路同軸搬送電話回線用の測定器一式の写真である。中央が超群間パイロット測定用の発振器とレベル測定器、右側が伝送路周波数帯域用で 50 kc~6 Mc の発振器、レベル測定器、選択レベル測定器、標準出力試験器、不整合減衰量測定器、可変高、低域ろ波器その他、左側が基礎超群から音声帯域までに用いる群・超群パイロ

|       |     |   |
|-------|-----|---|
| 会 長   | 米 沢 | 滋 |
| 副 会 長 | 高 木 | 昇 |
|       | 三 熊 | 雄 |
|       | 松 本 | 成 |
|       | 内 田 | 浩 |
| 理 事   | 新 川 | 治 |
|       | 野 村 | 比 |
| 監 事   | 岡 部 | 古 |
|       | 染 谷 | 敷 |
| 庶務幹事  | 妻 藤 | 夫 |
|       | 柳 井 | 義 |
| 会計幹事  | 林 田 | 実 |
|       | 柿 田 | 深 |
| 編集幹事  | 伊 藤 | 一 |
|       | 河 津 | 元 |
|       | 副 島 | 積 |
|       | 小 西 | 郎 |
|       | 末 武 | 弘 |
|       | 関 口 | 雅 |
| 調査幹事  | 新 堀 | 也 |
|       | 宇 都 | 男 |
|       | 字 宮 |   |

広 告 目 次

|     |         |
|-----|---------|
| 表 紙 | 安 立 電 気 |
| 1   | 芝 電 器   |
| 2   | 岩 崎 通 信 |
| 3   | 芝 電     |

|     |                     |
|-----|---------------------|
| 前 付 | 三 菱 電 機             |
| 1   | 伯 和 電 機 研 究 所       |
| 2   | 興 立 電 機             |
| 3   | 住 友 電 気 工 業         |
| 4   | 日 本 電 気 工 業         |
| 5   | 新 日 本 電 気 工 業       |
| 6   | 安 藤 電 機             |
| 7   | 八 重 電 機             |
| 8   | 東 亜 通 信             |
| 9   | 東 洋 通 信             |
| 10  | ソ ニ ー               |
| 11  | ソ ニ ー               |
| 12  | 明 電                 |
| 13  | 井 電                 |
| 14  | 大 東 電 機             |
| 15  | 京 電 機               |
| 16  | 目 黒 電 機             |
| 17  | タ ケ ダ 研 究 工 業       |
| 18  | 日 本 マ イ ク ロ モ ー タ ー |

|    |                 |
|----|-----------------|
| 20 | オ リ ジ ン 電 気     |
| 21 | 日 本 電 機         |
| 22 | 東 京 理 工 学 校     |
| 23 | 三 和 電 子 工 業     |
| 24 | 木 村 高 周 波 研 究 所 |
| 25 | 川 口 電 機 製 作 所   |
| 26 | 済 美 電 機         |
| 27 | 大 日 電 機         |
| 28 | 山 水 電 機         |
| 29 | 東 京 電 気 化 学 工 業 |
| 30 | 大 倉 電 機         |
| 31 | 奥 村 製 作 所       |
| 32 | 日 本 開 閉 器 工 業   |
| 33 | 信 和 通 信         |
| 34 | 池 上 通 信         |
| 35 | 東 京 電 機         |
| 36 | 理 研 電 機         |
| 37 | 朝 日 通 商         |
| 38 | 高 見 沢 電 機       |
| 39 | 高 砂 製 作 所       |
| 40 | ス タ ン レ ー 電 機   |
| 41 | ボ ン 碍 子 製 作 所   |
| 42 | コ ロ ナ モ ー タ ー   |
| 43 | 大 央 電 機         |
| 44 | ミ ツ ミ 電 機       |

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| 日本 ミネチュア ペア | リ ン グ           |
| 37          | モ リ 通 信         |
| 38          | 太 陽 電 機         |
| 39          | 日 本 高 周 波 研 究 所 |
| 40          | 港 理 通 信         |
| 41          | ア メ リ カ ン ト レ   |
| 42          | 緑 屋 電 機         |
| 43          | 関 商             |
| 44          | 丸 下 電 機         |
| 45          | 松 東 電 機         |
| 46          | 日 本 電 機         |
| 47          | 日 本 電 機         |
| 48          | 日 本 電 機         |
| 49          | 大 興 電 機         |
| 50          | 小 峰 電 機         |
| 51          | 光 琳 書 院         |
| 52          | 横 河 電 機         |

目 次 裏

|                   |
|-------------------|
| ゲ ッ プ ラ ザ ー ス 商 会 |
| エ レ ク ト ロ ニ ク ス   |
| ダ イ ジ ェ ス ト       |
| 三 栄 測 器           |

後 付

|    |               |
|----|---------------|
| 1  | 沖 電 気 工 業     |
| 2  | 日 本 放 送 協 会   |
| 3  | 島 邦 産 研 究 電 機 |
| 4  | 松 下 電 機       |
| 5  | 日 本 電 機       |
| 6  | 松 下 通 信       |
| 7  | 日 佐 鳥 工 業     |
| 8  | 渡 辺 電 機       |
| 9  | 東 京 電 機       |
| 10 | 緑 測 器 研 究 所   |
| 11 | 石 塚 電 機       |
| 12 | 渡 辺 測 器 製 作 所 |
| 13 | 新 中 央 工 業     |
| 14 | 小 野 測 器 製 作 所 |
| 15 | 三 電 池 化 工     |
| 16 | 真 下 理 工 業     |
| 17 | 銘 光 電 機       |
| 18 | 加 藤 電 機       |
| 19 | 中 里 合 名 会 社   |
| 20 | 宝 工 業         |



# エレクトロニクス ダイジェスト

有能な技術者の  
現場参考誌

予約購読制  
(Y・450)

連載・好評のトレーニング・コースその他

## 第21集 最近の部品と電線

第I篇 概論 ..... (東京大学) 柳井久義・(電気通信研究所) 武藤時雄  
第II篇 各論

### 1. LCRの技術展望

#### 1.1 コイルおよび変成器について

..... (日本電気) 中田文雄・坂東正啓

#### 1.2 キャパシタについて..... (電気通信研究所) 衣川浩平

#### 1.3 抵抗器について..... (多摩電気工業) 長沢成之

### 2. リレースイッチにおける接点材料の問題点

..... (電気通信研究所) 土屋金弥

### 3. フェライトの安定性..... ( ) 七条祐三

### 4. セラミック材料と工作上的問題点

..... (東京芝浦電気) 耕山菊郎

### 5. 最近の通信機器配線用電線

..... (藤倉電線) 斎藤 晃・佐田哲三

### 6. 乾電池を使用する機器設計上の参考

### <トレーニング・コース>

#### 航空電子機器環境試験..... (三菱電機) 佐藤 晋

#### 無響室の設計法について..... (早稲田大学) 伊藤 毅

#### ミリ波管の大電力化における諸問題

..... (日本電気) 藤井忠邦・綾木和雄

#### 機上テレビについて..... (防衛庁) 松原 茂

### <技術評論>

#### 二色法によるカラー再現法 (日本ビクター) 高柳健次郎

..... (日本レイ・オ・パック乾電池) 篠原正男

#### 7. ミリ波回路工作上的問題点

..... (島田理化) 布施 覚・篠原茂之

#### 8. 接栓(構造と工作)の問題点

..... (富士通電機) 佐々木甫・荒井芳美

#### 9. パルストランス設計上の問題点

..... (タムラ製作所) 原 進一

#### 10. 半導体材料について..... (電気通信研究所) 水間基一郎

#### 11. 振動素子について..... ( ) 高原清晴

#### 12. マイクロモジュールについて

..... (日本電気) 沢登義文

#### 13. 印刷技術について..... (電気通信研究所) 長津 寛

### <目でみる現場>

電気魚網の諸方式と実用化への諸問題

..... (北海道大学) 浅見義弘・福田長市

### <インスツルメンテーションの頁>

#### ◎エデトリアル

#### ◎絶讃!!! 電子機器回路集

#### ◎設計者に便利なパイヤースガイド

### <連載>

最近のレーダの進歩..... (防衛庁) 松原 茂

(株) エレクトロニクスダイジェスト・技術情報出版社 東京都千代田区富士見町2の8 雄山閣ビル 電話(301)3231(代表)(31)5624(直通)

# 6 6-BEAMS OSCILLOSCOPE

## 6現象オシロスコープ BO-601型

概要 この装置は6組の電気現象を同時にブラウン管で観察でき、撮影装置との組合せにより、一瞬撮影もしくは連続撮影ができます。



No. 1 →

No. 2 →

No. 3 →

No. 4 →

No. 5 →

No. 6 →

→ 組

→ 密

→ 拡大



### 主要製品

インク書きオシログラフ、電磁オシログラフ  
二現象オシロスコープ、ブラウン管連続撮影装置  
直流増巾器、歪記録増巾器

### 単掃引撮影

(例) 掃引速度

$1 \times 5 \times 0.1 \sim 0.5 \text{ ms/cm}$

三栄測器株式会社

本社 東京都新宿区柏木 1-9-5 Tel (371) 7117~8, 8114~5

工場 東京都武蔵野市吉祥寺1635 Tel (022)-(2) 4941, 7825

# 講 演

UDC 621.39 : 551.50  
658.142.551.509

## 気 象 と 電 子 技 術\*

荒 川 秀 俊

(気象研究所)

### 1. 序 論

気象事業も技術革新の風潮におしながされて、その隅々まで電子技術がながれこんで来ている。私は便宜上、象気事業の立前どおりに分類して、まず、(1) 気象観測、(2) 気象通報、(3) 天気予報の各分野における電子技術の役割について物語ってみたい。その上でいまアメリカ空軍で計画中の最も大胆にして驚くべき企画 WS-433 L という気象観測-気象通報-天気予報の全工程をオートメしようという試みについて解説してみる。

また膨大な気象統計を処理するための電子技術について語り、最後にロケットと人工衛星の開発にしたがい、気象界にもちこまれると思われる若干の電子技術について展望してみることとした。

### 2. 気象観測と電子技術

気象観測も昔は目視観測が多かったのであるが、ますます客観的計測の方向に転じつつあることはもちろんである。それと同時に使う計測器もますます大形化し、電気的測定、とくに電子技術を応用する部面が多くなってきている。

#### (a) ロボット観測所・遠隔測定

水源地帯は山奥で人里離れたところが多く、しかも水源地帯に降った雨量とか、水源地帯の河川の水位とかこそ、水力発電関係者とか、堤防・橋梁の防災業務にたずさわるものが、業務遂行のためにいちはやく知りたい要素の一つである。そこで山の頂上ちかくに無人でも測定・通信できるようにした無線ロボット雨量計をすえつけたり、上流に無線ロボット水位計をすえつけ、刻々無線で自動的に山の麓にある気象通報所へ

しらされる。さらに、気象観測上の要所で、しかも不便なところ(山頂、島嶼、岬角など)には風向、風速、気圧、気温、雨量などの遠隔測定(telemetry)装置をつけて、その測定結果を基地の気象台もしくは測候所まで有線もしくは無線で定時的に送信するようにしてあるところがある。この方式を俗にロボット観測という。

この他、飛行場などにある気象台、測候所では、滑走路上の気温とか風向、風速などを、いちいち出かけていって観測するのは不便であるから、観測のスピード・アップと観測員の労力軽減のために遠隔測定方式が採用されている。その方式は普通の大工場で労務管理のために用いられている室温の指示器などほとんどかわりがない。

以上は電子技術を方便として使っているものであるが、測定そのものの中核部に採用されている例もある。たとえば、このごろジェット機が登場してきた。ジェット機の離着陸には滑走路上の気温は大切な要素として、ぜひ知っておきたいものの一つである。そのために、滑走路上に電気的な音波の発信所と受信所を設け、その間の音波の伝ばん速度を電子工学的に測定して、音波の速度と温度の相関関係から、滑走路上の平均温度を算出してだす方式が広く行なわれている。

#### (b) トランソ・ゾンデ

温帯の上空約 12 km のところには秒速 60 m くらいのつよい西風がいつも吹いている。とくに日本付近の上空は、世界でいちばんつよい西風(冬の間には秒速 100 m 以上になることもある)が吹いているところとして有名である(図 12 を参照)。この強い西風を利用すれば、太平洋をわたってアメリカへ経済的に、かつスピーディに飛行できるが、下手をするとひどい損になる。だから太平洋上の風をくわしく調べて航空経済の一助にしようという考えが成立つわけである。

アメリカ海軍では昨年まで、岩国(山口県)基地から発信器を積んだトランソ・ゾンデ(transosonde)を

\* Weather Service versus Electronics. By HIDETOSHI ARAKAWA, (Meteorological Research Institute, Tokyo). [論文番号 3233]

\* 昭和 35 年 7 月 25 日の電気四学会連合大会における特別講演。



放球して、300 mb (高度約 9 km) の高さで太平洋上をながしてやって、定期的にその位置を方探方式で決定し、太平洋上の風をしらべていた。ヒューステッド隊長の話によると、昭和 34 年 1 月にトランソゾンデ 200 回放球の記念式をやった。

私は昭和 33 年 10 月末、マサチューセッツ州ベトフォードにある空軍地球物理学研究所 GRD の友人 S・B・ソラット氏を訪問した。ソラット氏は気球の専門家で、いまプーアマン・サテライド (貧者の人工衛星一だじゃれである) の開発にまい進している。これはポリエチレン製の気球を高度 10 km から 30 km までの数層にあげて、トランソ・ゾンデと同じ方式で上層の風を立体的に、くわしく調べようというのである。氏は私に対して、昭和 35 年の冬には日本へ行って放球し、太平洋上空の風をしらべたいという希望を抱いているが、協力してくれるかという相談があった。風船爆弾の本家がアメリカに移ってしまったような案配だ。(ある外国の通信員は日本から大気球ののって成層圏下部を吹いている西風の助けをかり、アメリカ大陸まで漂流？するという計画をたてている。)

#### (c) GHOST

トランソ・ゾンデは人間の背丈ほどある器械をつんで、高度約 9,000 m の上空を流れつつ、成層圏の風や気温をはかっているのである。しかしこの気球が飛行機にぶつかったら、墜落というような惨事をおこしかねないから、旅客航空機の飛ぶ高さを流してやるわけにいかない。そんな理由もあって、アメリカ海軍ではこの観測を昨年とりやめてしまった。

このごろは電子工学が発達したから、計器をうんと小形にして、もし飛行機にぶつかっても、その瞬間に飛散してしまって、飛行機に実害を与えぬような気象観測用の気球ができたらどうだろう。その暁には、むやみに多数の気球を放球して、地球上のすべての地点を気球によって観測しつくしてしまうこともできるだろうという考えがある。

これを実行に移すには、航空の安全を期するため、たとえば WMO (世界気象機構) のような国際機関の議決賛助をうる必要があるし、なかなか実現しそうもないが、この考え方は現在アメリカ空軍の地球物理学研究所 GRD で大まじめにとりあげられて研究がすすめられている。この研究の略称は GHOST (幽霊) といわれている。

#### (d) 浮きロボット

飛行機がいかにか発達したとはいえ、太平洋はやはり

広い。いま DC-7 に乗っていても、東京からサンフランシスコまでまる 2 日はかかる。その広い太平洋上で気象観測の少ないのが、航空会社、船会社はじめ気象関係者の悩みの種である。

それでアメリカ海軍技術研究所 NRL では小さいロボット気象観測船をつくり、これを飛行機から落下して海上に浮遊させ、そうしたいくつかのロボット気象観測船からの通信を傍受して、太平洋上の気象を現在より詳しく観測しようという試みがある。このロボット気象観測船は浮きロボット (Weather buy) といわれ、補給がなくともか 6 か月は十分海流のまにまに浮んで、気象観測をし、それを通報できるように仕組まれている。浮きロボットはすでに試験段階を終わり、昭和 34 年から実際におめみえしている。

#### (e) WS-460 L

アメリカ空軍で、現在気象観測機に使っているのは WB-50 (図 1) であるが<sup>\*</sup>、1963 年を目標として、ペンデックス航空会社およびボーイング航空機製作会社と長期契約をむすんで、WS-460 L という大気象観測機の開発に乗り出した。観測機の性能は航続時間 13 時間、航続距離 8,890 km で、高度 17~18 km の上空を 0.95 マッハで飛ぶことになっているから、もちろんジェット機である。積みこむレーダーでは垂直方向は地面から 30 km の高さまで観測できるようになっているし、水平方向には 800 m から 240 km までの雲を観測し、低気圧の発生を監視できるようになっている。



図 1 アメリカ空軍の現有気象観測機 WB-50

直接観測する要素は気圧、気温、空中電気、露点、着水の速度、空気の成分、アルベード、気流の乱れ、オゾン、D (デー) 値、視程、風、屈折率などである。また垂直方向の気象観測をするためロケット・ゾ

\* このごろ新聞紙に散見する U-2 ジェット機は研究用の気象観測機であって、常時の気象観測に従事しているわけではない。



ンデとドロップ・ゾンデを使う。ロケット・ゾンデとドロップ・ゾンデは地上から 50 km までの気象資料を集めるため、航路に沿って 300 km ごとに発射されることになっている。ドロップ・ゾンデは高度 18 km から毎秒 25 m の割合で落下する。ロケットは高度 50 km に達したならば、計器は落下傘によって平均毎秒 70 m の速度で落下するようになっているが、その落下の途中で気圧・気温・露点・風・アルベード・気流の乱れ、オゾン、屈折率の 8 種類の気象要素を観測することになっている。ロケットの全長は約 2 m、直径 12 cm、重さ 55 kg であるという。飛行機からロケットを発射して、気象観測をするという夢のような計画も、気象用ロケットが安価かつ安全につくられるようになった暁には可能なことであろう。ロケットは胴体の後部から気象観測者の命令でいったんパラシュートをつけて放下され、姿勢が安定してから自動的に発射される。もちろんロケット・ゾンデも、ドロップ・ゾンデも放下直前に検定される。

ドロップ・ゾンデ、ロケット・ゾンデを含むすべての気象観測は、デジタル電子計算機に伝達され、補正され、計算され、関連が調べられ、記憶される。記憶は時間的にいって無限のものもあるが、空中の通信状態が悪いときは回復して通信できるまで一時的に記憶される方式のものも採用される。

こうした“空とぶ大気象台” WS-460 L (図 2) はいまや着々と開発の手が進められており、第一段階としてボーイング 707 ジェット機にいっさいが装備されて、テスト飛行されることになっている。第二段階ではさらに 1963 年を期して現物大のテスト飛行にまでこぎつけることになっているという。

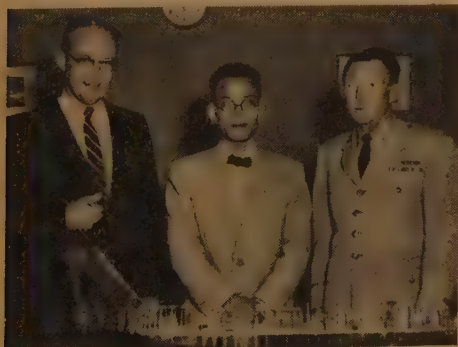


図 2 WS-460 L の模形を前にして右からアメリカ空軍気象部長、筆者と R.D. フレッチャー博士

#### (f) 高層気象観測

われわれが直接影響を受けるのは下層の気象現象で



図 3 GMD-1

あるが、それは高さ数百 km もある大気全体のからくりの一部にすぎない。下層の現象をよく理解し、精確に予報するにはどうしても高層の状態をよく知らねばならない。また航空気象業務には、高層の状態そのものを知ることが絶対必要である。そのために水素をつめた気球につるしたラジオ・ゾンデ (radio-sonde) をあげて高層 (約 30 km まで) の気圧、気温、湿度などをはかり、またレーウィン (rawin) をつかって高層の風向、風速をはかっている。ラジオゾンデおよびレーウィンはともに上空の気象要素を電子技術のたすけをかりて遠隔測定しているものである (エレクトロニシアン 1953 年 3,4 月号所載の小平信彦氏論文“ラジオ・ゾンデ”参照)。

最近アメリカで開発した GMD-1 もしくは GMD-2 というレーウィンは自動追尾式にできていて、その性能はまず小形電波望遠鏡といったものである。日本でも GMD-1 をそのままコピーしたものを明星電気 KK で製作し、レーウィン観測に使いはじめた。

レーウィン観測結果については、1 例として図 12 を参照してほしい。

#### (g) レーダ

レーダはもちろん電波を用いて遠方にある目標物の位置を知る装置である。第二次大戦中、おもに飛行機や船舶を探知するための兵器として発達したものであるが、戦後は雨や雲などの気象現象の観測にさかんに利用されるようになった。

日本でも図 4 にしめしてあるように各地に気象用レーダが配置されて、とくに台風襲来などの監視用として、レーダ観測網が一応完成した。しかし、レーダは台風監視用のみならず、昭和 32 年 7 月の北九州諫早地方におこった豪雨のような局部的な気象現象の監視用にも大変有効である。むしろ、現在の気象技術では豪雨のような局部的な気象現象 (このごろは meso-meteorology という言葉がはやっている) を正確に予想することは不可能であるから、レーダで刻々と監視しているのが関の山である。そういう意味で来年以降日本のレーダ網は北日本へまで拡げられ、また富士山頂のような受持範囲の広がるような要点へも気象用



図4 日本の気象用レーダの観測網(昭和35年現在)

レーダが、設置されることになると思う。(水利科学1960年第4巻第1号所載の小平信彦氏論文“気象レーダによる雨量測定”参照)。

### 3. 気象通報と電子技術

各地で観測した結果は、気象通知電報として時をうつつさず、解析センタ(日本ならば気象庁予報部)へ報告され、即刻天気図化して解析され、予報・警報の発布に役立てねばならない。このために気象事業のための専用の有線通信系ができていて、その総延長は約3万5千kmに及んでいる。離島や山岳など、あるいは諸外国50数局の発する気象資料は、無線通信系で集められる。気象庁における1日間の気象電報受信数は3万通内外に達する。

### 4. 天気予報と電子技術

#### (a) ファクシミル

気象庁では最近、天気図の無線模写放送をはじめた。このファクシミル方式によると陸上の需要者はもちろん海上を航行中の船舶でも、受信器を備えていさえすれば気象庁で作った天気図と同じものが、無線電送写真と同じ原理で(模写された天気図を)入手できるようになったわけである。こうして入手できた天気図と気象通報とをあわせて勘案すれば、これからの天気の現状とその推移や雨の降り方などについて適確な予想をすることができることになったわけである。

ファクシミルは受信器さえ持っていれば、どこでも天気図が入手できるわけで、現に天気と深い関係を

もつ電力会社ではこれを活用しているところもある。私は日本のファクシミル放送をイギリスで受像した現物をみたことがある。

#### (b) 数値予報と IBM-704

数値予報というのは天気予報につかう予想天気図の作製を力学的な理論計算によって遂行するもので、十数年前から研究が始まり、アメリカでは1950年から実用化され、現在世界の理論気象学の中心問題になっているものである。数値予報の現業化には3,000万回ぐらいの演算を大体2時間以内で終わる必要があるので、IBM-704(図5)のような大形計算機が必要である。IBM-704には付属機械としてカード読取装置、磁気テープ、磁気ドラム、磁気コア、カードせん(穿孔)孔機、プリンタ、高速度プリンタ、陰極管などがある。

計算に必要な数値や、計算の命令は穴をあけたカードで器械に読みこまれるが、カードせん孔機は、毎分100枚のカードに穴をあける。1枚のカードに24語記録される。カード読取装置は毎分250枚(6,000語)のカードを読取る。プリンタは計算結果を毎分120列、150行プリントし、プログラムのチェックや簡単な計算結果を印刷するのに用いられる。高速度プリンタは毎分12万字をプリントする。陰極管は計算結果をグラフや図形で示す。磁気コアは高速度記憶装置であって、8,192語を記憶し、またそれを数百万分の1秒で呼出せる。磁気ドラムは、回転する円筒1本につき8,192語を記憶し、毎秒1万語を呼出す。

磁気テープは2.54cm(1インチ)の長さに200語を記憶し、毎秒2,500語を出し入れできる。これらの中心になるIBM-704は四則演算はもちろん、以上の付属装置に記憶された語を呼出したり、記憶させたりその他の操作を行なうもので、1秒間に4万回の加え算、4千回の掛け算ができる。



図5 気象庁構内に据付けられた IBM-704

数値は十進法で 11 ケタの数まで取扱える。IBM-704 を使った計算例をあげると十元連立方程式をとくに 0.56 秒、百元連立方程式は 6 分 46 秒というのがある。有名な例は円周率  $\pi$  の計算で、昔シャングスという学者は一生かかって小数点以下七百七ケタまで計算したが、この機械では 40 秒でやれる。なお現在 1 万ケタまで求められているという。

計算機に命令を与えるには、それを計算機特有の言葉に直して入れてやらなければならない。このような操作をプログラミングという。プログラミングは一般には大変めんどうなもので、プログラマという専門職がある。ところが IBM-704 には FORTRAN というプログラムの方式が完成されて、われわれが日常使う言葉や数式に近い形式でやれるようになったので、少し勉強すれば専門家でなくてもプログラミングができる。昨年から気象庁でこの計算機を借り入れた第一の目的は現業としての数値予報のためであるが、時間的余裕があれば気象学のみならず広く一般の科学研究用にも使われるのだから、日本の科学技術界に大きな貢献をすることであろう。

現在ではまず気象観測がおこなわれ、それから通報され、それを総合して天気予報が出され、ついでそれが需要者の手に移る。それまで、かなりな人手を要ししかも貴重な時間が浪費されつつある。もしも航空機がスピードのあるジェット機になった暁、もしくは一朝有事の際を考えると、現在のような気象観測、現在のような天気予報をやっていたのでは間にあわなくなってしまう恐れがある。

それで一応 1963 年を目標にして気象観測から天気予報まで、完全なオートメーションでやってのけるといふ計画が、現在アメリカ空軍の地球物理学研究所 GRD でおこなわれつつある。

元来、気象事業は国際協力の代表的な仕事であるしまた広い範囲から観測の資料をあつめなければ、うまい天気予報もできないし、航空気象事業にも差支える。したがって WS-433 L 計画ではヨーロッパはもちろん、日本の気象庁にある IBM-704 とも連結して作動したいという希望をもっている。

とにかく WS-433 L 計画はきわめて野心的な企画であり、現在の技術の粋をつくし、最新最高の器械をあつめて systems engineer の手で遮二無二まとめあげようというものである。

## 6. 気象統計と電子技術

気象観測の資料は実に膨大である。たとえば日本の約 150 か所の観測所で、1 日 4 回観測すれば 600 の気象資料ができる。それが 1 年間 たまれば  $600 \times 365 = 219,000$  の気象観測資料ができる。実際はこれをはるかに上回る資料数になるのであって、全世界にわたっての資料数はまさに天文学的数字である。しかも、それらの資料は古くなったからといって捨てられる性質のものでない。これは 100 年でも 200 年でも積みかさねていって、これを適時に利用せねばならない。

貯えておくだけならば簡単であるが、それを手早く見付けだして参考にするというのでは、人力ではチョットむずかしくなる。その困難をとりのぞくために、資料をマイクロフィルムもしくはマイクロカード化して保存し、将来の参考にしようという作業も実際に行なわれている。しかしマイクロフィルム、もしくはマイクロカードにするのでは、貯蔵に便利ではあるが、それを呼び出して使う段になると、やはり大変厄介な手間がかかる。

このために現在広くとられている方法は、パンチ・カードの方法である。気象資料を一定様式のカード、

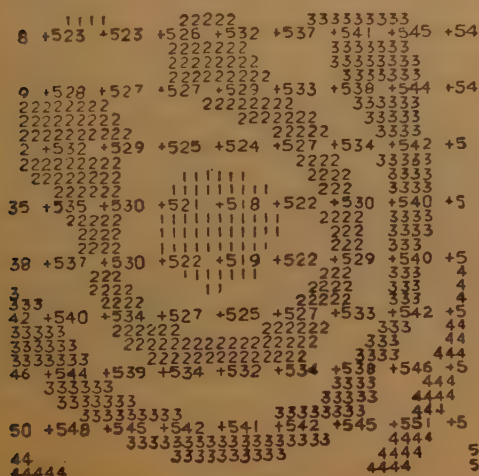


図6 数字の天気図

基準になる時刻の気象データを IBM-704 にかけると、何時間かさきの予想の高層天気図が図6のような形で出てくる。これは 500 ミリバールの気圧面がどの高度にあるかを示した天気図である。

## 5. 気象事業一貫作業と電子技術

現実的で壮大な夢に WS-433 L と略称されている気象観測および天気予報の完全なオートメ化の計画がある。



たとえば IBM カードに穿孔して保存しておく。そうすると将来それを参考にしたいときには、計算機にかけて容易に呼びだして使うことができる。

前述した通り気象資料は実に膨大な数にのぼる。それで、たとえばアメリカではアッシビルに気象資料センタを作り、そこへアメリカが国家として集めた気象資料を全部保管することにしてある。必要なときには資料センタに手紙で要求すれば、すぐにコピーをとって送ってくれる仕組みになっている。イギリス気象局ができてから 100 年になるが、そこであつめた海上資料は、全部パンチ・カードにされて気象局第一課に保管されている。また国際地球観測年 (IGY) の期間中ジュネーブの国際気象機関 (WMO) に IGY Meteorological Data Center が設けられ、IGY に参加した世界各国の気象観測資料をマイクロカード方式で大規模に集めた。その資料は必要とする各機関の要求に応じて実費で頒布されている。日本でも早くこういう良い組織にしてみたいものである。

## 7. ロケットと人工衛星

1960 年 4 月 1 日 アメリカ 合衆国は気象観測衛星タイロス 1 号 (Tiros I) を打ちあげた。この衛星には二つのテレビ・カメラが積みこんである。一つは約 720 km の高さで約 1,280 km の直径をもつ区域を走査する広角レンズ (図 7) である。この広角レンズを通してとった一つの画面を図 8 に示してある。また他の一つは、約 160 km の直径をもつ区域を走査する“高分解能”テレビ・カメラである。この高分解能テレビ・カメラで、高さ約 720 km から捉えた雲の様子 (白い斑点) が図 9 に示してある。図 8 と図 9 とは共にニュー・ジャージー州フォート・マンモスにおいて、タイロス I 号からのテレビジョンを受像したものである。これらの写真は衛星がレンジの中に入ったときに、



図 7 Tiros I の広角レンズを組み立てているところ



図 8 Tiros I に積んだ広角レンズで走査したジブラルタル海峡付近、(1)はスペイン側、(2)は大西洋、(3)は地中海、(4)はアフリカ側。

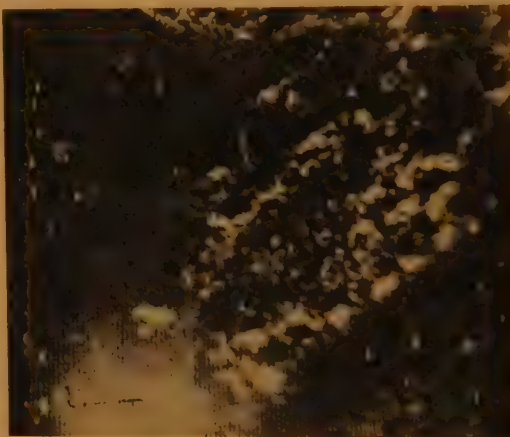


図 9 Tiros I に積んだ高分解能テレビ・カメラの捉えた雲の模様

無線信号によって命令し、記録ドラムに貯えられていたものを地上で受像したものである。これらの図にあらわれているように、世界中の雲 (および積雪) のあるところを、気象観測衛星によって観測することができるようになった。テレビによって雲の連続的観測ができるようになったために将来、気象学の研究のみならず、天気予報をだすときに実際に参考になる時代も、そう遠くはあるまい。

1954 年 10 月 4 日、ニュー・メキシコ州ホワイト・サンズのロケット試射場から曇りの空の下で打ち上げられた学術研究用のエエロビー・ロケットは、デル・



図 10 エエロビー・ロケットからとったハリケーンの写真（拙訳書“国際地球観測年”1960 年 地人書館刊から）

リオという町の上空に奇妙なうず巻いた雲のあることを撮影しだした（図10の写真参照）。このうず巻き形の雲というのはどうやら熱帯低気圧らしいということで調べはじめた。このうず巻き形の雲をいろいろ検討した結果、これは弱いハリケーンだと判明した。だが奇妙なことにこの日の天気図のどこを捜してみても弱いハリケーンなどまるっきりのってはいなかった。しかもこのハリケーンの“ざんかい”が北上して、数日後シカゴ付近でちょっとした洪水を起こしたのである。

なぜこんなことが起こったのであろうか。地上から雲をながめた場合、ふつう仰角が 10 度以下のところにある雲の様子はわからない。見る場所によっては 20 度もしくはそれ以上のところにある雲の様子でもよくわからない。高さ 5 km にある雲が見きわめられる水平距離の限界は  $5 \cdot \cot 20^\circ = 14 \text{ km}$  である。したがって 5 km の高さの雲の様子を完全に観測しつくすためには半径 14 km の円で地上をくまなくおおうことが必要なのである（図11参照）。いいかえると 28 km おきにびっしりと観測所を配置しなければならないことになる。日本のようなせまい国でも 28 km おきに観測所を置くことなどはとてもできない。まして広大な後進国や砂ばくでそんな芸当ができるわけがないし、海上はがらあきである。だから、前述の弱いハリケーンが見落されたのも無理はなかったわけである。

またロケットは通常、風の関係から晴天の日に打ち上げられていたのだが、このとき偶然にも曇り

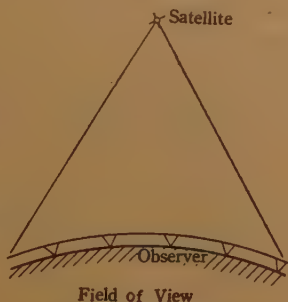


図 11 地上観測者の視界とロケットや人工衛星の視界

日に打ち上げたばかりに、ロケットが気象観測、ひいては天気予報に非常に役立つかも知れないという事実が判明したのである。

現在海と砂ばくの上とは気象観測網にばかりあいた大きな穴である。そこで気象観測衛星から海や砂ばくの上の雲の写真をとれば、世界の気象観測網は整備され、天気予報の精度も上がることになるだろう。だがこの場合問題になるのは、数百 km の高さにある人工衛星から写したテレビ写真をうまく読み、うまく解釈できるか、どうかということで、これは現在人工衛星気象学 (Satellite meteorology) の大きな問題となっている。

いままで述べてきたようなロケットや人工衛星による雲の観測は、まだ実用の段階にまでいたっていないが、気球の代わりにロケットを上げ、高層の風速、風向きなどを測ろうという気象ロケットによる観測はすでに現実の問題となって来ている。気球すなわちラジオ・ゾンデによる観測は 25 km から 30 km ぐらいまでの高さが限度である。また気球は 1 分間に 300 m 位の割合でしか上昇しないから 1 回の観測に 1 時間半以上かかる。こんなに時間がかかるとは、たとえば洋上を航行する船にとってはきわめて不便である。さらに、最近では ① 死の灰の拡散問題、② ジェット機などの高高度飛行へのサービス、③ 人工衛星や ICBM のような大形ロケットの発射、などのために高さ 50 km から 70 km 辺までの上層気象を日常の仕事として観測する必要が起きてきた。

ところでロケットは音速の数倍の速さで上昇するのであるから、上がりながら各高度ごとの気圧、気温、湿度、風などを経済的にはかるのはきわめてむずかしい。そこでロケットで 50 ないし 70 km まで上がり切ったところで、観測器械を弾頭から切りはなし、パラシュートでつってゆっくり降りしながら観測する方法がとられている。このようなロケットによる気象観測をロケット・ゾンデという。

ロケット・ゾンデ (Rocket-sonde) で風向き、風速をはかるには、パラシュートに金属ハクを塗りつけておき、パラシュートが風のまにまに流れるのを地上のレーダで追いかければよい。また気圧、気温、湿度などを測るには計器をパラシュートにぶら下げ、落ちてくる途中で、指示する目盛りを無線記号で送らせればよい。この方式は ARCAS と呼ばれている。アメリカ海軍では、5 インチの艦砲からロケットを発射し、弾着観測用のレーダで落ちてくるパラシュートを追いか

け、50 km までの上層風をはかる HASP という方式を使っている。また、空軍では WS-460 L (第2節参照) という超大形ジェット機から、ロケットを打ち上げながら観測する飛行機を 1963 年目標で開発している。どの方式にせよパラシュートを使うわけだが、50 km もの上空では、空気の密度が小さいので実際はパラシュートがうまく開きにくい。そこで最近 ARC AS 方式では ROBIN という気球に切りかえ始めた。ROBIN は直径 1 m で金属箔を塗った半ミルの厚さのマイラ球である。これをロケット弾頭に 15 g の液状 isopentane を入れて封じこめておく。約 70 km の上空にあがったら弾頭から放り出され、気球は 10~12 mb の圧力にふくらまされる。そうすると気球の方が重いから落下してくる。風に流されながら落下する球を地上の 10 cm レーダで追跡すれば、上層の風向や風速がわかる。

総体的にみてロケット・ゾンデによる気象観測はすでに実用段階にあるといえよう。もちろん、この目前に迫ったロケット・ゾンデの開発にも電子技術の厄介ならなければならない。

ロケット技術の発達はこのようにして気象観測に役立つ寸前に来ているが、反面ロケットが大形化すればするほど気象技術者の援助が必要になってくる。長大なロケットを垂直に打ち上げると、ロケットの頭と尾では水平にうける風の速さがちがう。とくに日本の上空は世界で一番強いジェット気流が吹いているところとして有名であるから、とくにこの影響が大きい。茨

城県館野の高層気象台における観測にもとづくと、長さ 25 m のロケットを垂直に打ち上げた場合、頭と尾とで秒速 1 m 以上の風速が差が生ずる (図 12 参照) ことすらときどきある。こんなときにはロケットはあがらずひっくり返ってしまう懸念がある。だから大形ロケットの設計や打ち上げには気象技術者の協力が欠かせないものとなる。つまりロケット技術と気象技術とは、もちつもたれつの関係でお互いに発展して行かなければならないわけである。

## 8. 結 言

元来、天気予報が今日のように実用になるようになったのは、全く通信技術の発達によるといって過言ではない。天気図の技術は 100 年前から起こっているが初期においては各地の気象観測を手紙であつていたので、到底実用にはならなかった。それがまず、ガウスやウェーバによって発明された有線電信の発達普及により気象通報がスピーデーに集められるようになったので、始めて天気予報の実用化の途が開かれたのである。

またマルコニの無線電信の発明によって、気象通報を陸上のみならず、海上や空からも入手できるようになったので、天気図にかけける範囲が一挙に拡大された。そのために今世紀に入ってから、天気予報の確度もいちじるしく高まってきたのである。

いま、技術革新、とくに電子工学の発達によって、気象学および気象技術はまさに革命的な変貌をとげつつある。元来私は電子工学の素養はほとんど持っていないのであるけれども、気象界と電子工学界との相互理解のためにと思い、ここに電子工学が気象界に現在いかに関与し、あわせて近い将来どんな役割をになうと想定されるかについて、未熟な展望を試みた次第である。

気象器械に関する参考書には、つぎのようなものがあるけれども、本文でのべたような新しい動きについては言及されていない。

- (1) 佐賀亦男：地上気象器械、共立出版社 (昭和 28 年)
- (2) 佐賀亦男、磯野謙治：気象器械、地人書館 (昭和 31 年 2 分冊として発行されたが、最近、改訂合本して刊行されている)

【注の1】 アメリカでは気象観測衛星の開発に伴い、金のかかる太平洋地区の飛行機による気象観測 (台風観測を含む) を削減し始めた。

【注の2】 日本でもロケット・ゾンデの開発によりやく手をつける気運になっている。

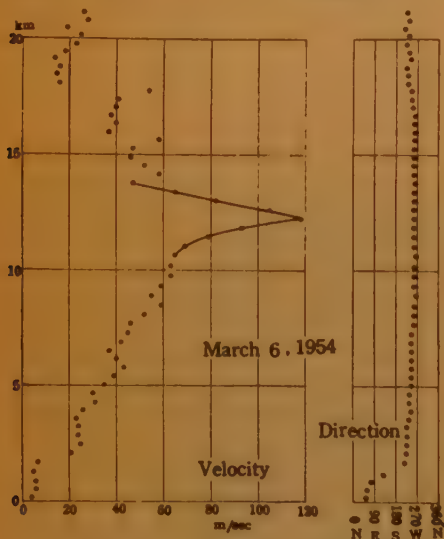


図 12 昭和 29 年 3 月 6 日茨城県館野における高層風観測結果



UDC 621.396.67:551.578.4  
621.391.82

## 雪とテレビジョン\*

正員 浅見 義 弘

(北海道大学工学部)

## 1. 序 論

最近東北・北海道などの寒冷地帯にもテレビが普及してきたので、テレビ中継・送像・受像またはSTリンクなどの保守に雪がどんな影響を及ぼすかが問題になった。特にテレビ送像のために高い山頂が選ばれる場合には、ふく射系などにおける着氷雪の影響や、一般電力送配電施設に対する凍雪害が問題となって来る。

まず降雪の影響であるが、テレビ波またはマイクロ波伝はんに対する減衰は、みぞれ雪を除いては、あまり問題はない。北海道地域では、冬期降雪時には空気中の湿気も小さく、また風が多いのでフェージングは少なく、電波は夏期よりも安定になり易い。つぎに積雪の影響はその種類また雪面凸凹の程度により雪面反射が異なり、また雪面における電波の入射角の大小によりその影響にも差異がある。たとえば札幌・紋別間の伝はん試験においては積雪の影響は2~3dB以下であって、あまり問題にならなかった。ただし、ふく射系に対する着氷雪の影響はかなり問題になり得ると考えられたので、その点について詳細な調査研究が進められた。

本講演ではまず、各種積雪の電気的特性並びに着氷雪の問題から解説し、テレビ中継用マイクロ波およびSTリンク用マイクロ波回線におけるふく射系に及ぼす雪害の影響を論じ、つぎにテレビ送信アンテナに及ぼす着氷雪の影響などを論じた。最後に、雪雑音とテレビとの関係についても解説した。

## 2. 着氷雪と氷雪の誘電的特性

## 2.1 着氷と着雪

着氷 (icing) とは、空気中に浮んでいる  $0^{\circ}\text{C}$  以下に過冷却した水滴が、物体に衝突して凍結する現象のことである。着氷の分類はまちまちであって一定していないが、大体つぎの4種類に分けられる。すなわち樹霜・樹氷・粗氷・雨水である。このうち最後の雨水

を除いたものは、いずれも過冷却した霧(または雲)が存在するときに生ずるもので、これらを総称して霧氷 (Nebel frost) と呼んでいる。

樹霜 (Air hoar) とは、湿った空気が、 $0^{\circ}\text{C}$  以下に冷えた地物にふれてその表面に昇華して生じたものであって、本質的に過冷却水滴の存在を必要とし、針状または樹枝状の結晶をしているのが特徴である。通常風の弱い静かな空気中で発生する。

樹氷 (Rime) とは、風で運ばれて来た過冷却水滴が物体に衝突して完全に凍結し、その上に重なって、つぎつぎと水滴が衝突凍結して成長したものであって冬期山岳で最も普通にみられる着氷である。

粗氷 (Clear ice) とは、過冷却水滴の捕捉と凍結のできる着氷で、透明または半透明の固い氷塊である。

雨水 (Glazing) とは、過冷却した雨滴によって生ずるものであって、霧氷の場合でも気温が高く過冷却水滴の直径が大きいと、着氷は透明な青氷になる。これを雨水とよんでいる。

## 2.2 各種着氷形と気象条件

各種の着氷の形を支配する気象要素は、主として気温・風速・過冷却水滴の直径・空気の単位体積中に含まれる水滴の量(霧水量と言う)の四つである。雨水の観測された条件は、大体気温が高く水滴の直径が大きい場合で、樹氷の発生は気温が低くかつ水滴直径の小さい場合に多く観測される。粗氷は両者の中間のときに見られる。そして粗氷が樹氷へのうつり変わる温度は大体  $-10^{\circ}\text{C}$  前後である。また雨水は気温が高く風速が大きい場合にみられ、樹氷は気温が低く風速が小さい場合に観測される。また粗氷は中間の条件のときに観測される。北海道の山岳地帯では、着氷のおこる時期は大体 11~12 月および 3~4 月の間が最も多く 1~2 月の真冬にはその回数が少ない。

## 2.3 氷・雪の誘電的特性

氷の誘電的性質 氷の誘電率に対する周波数特性は低周波の場合は 80 に近い値をとるが、周波数の増大とともに急激に減少し、温度  $-80^{\circ}\text{C}$  の場合は 100 kc の高周波でほとんど一定値 4.5 に近づく。

氷の誘電率に対する周波数特性は、よく知られた極性誘電体に関する Debye の dispersion formula で

\* Snow and Television. By YOSHIHIRO ASAMI, Member (Faculty of Engineering, Hokkaido University, Sapporo). [論文番号 3234]

\* 昭和35年7月25日の電気四学会連合大会における特別講演。

大体あらわすことができる。すなわち氷の複素誘電率  $\epsilon^*$  とすると

$$\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon'' = \epsilon_0 + \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{1 + j\omega\tau}$$

ここで

$$\epsilon' = \epsilon_0 + \frac{\epsilon_s - \epsilon_0}{1 + \omega^2\tau^2}, \quad \epsilon'' = \frac{(\epsilon_s - \epsilon_0)\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2}$$

$\epsilon_s$ ：静電誘電率， $\epsilon_0$ ：高周波誘電率， $\tau$ ：緩和時間

表 1

| 測定者             | 測定年  | $\epsilon_s$ | $\epsilon_0$ | $\tau(\text{sec})$     | 温度      |
|-----------------|------|--------------|--------------|------------------------|---------|
| Errera          | 1924 | 80           | 2.2          | $2.9 \times 10^{-8}$   | 0°C     |
| Wintsch         | 1932 | 73.0         | 7.5          | $2.246 \times 10^{-8}$ | 0°C     |
| Smith-Hitchcock | 1932 | 74.6         | 3.0          | $1.846 \times 10^{-8}$ | 0°C     |
| Murphy          | 1934 | 95.0         | 3.5          | $1.85 \times 10^{-8}$  | 0°C     |
| Kuroiwa         | 1951 | 90.0         | 4.5          | $3.54 \times 10^{-8}$  | -8.0°C  |
|                 |      | 92.0         | 4.5          | $6.12 \times 10^{-8}$  | -15.0°C |
| Auty-Cole       | 1952 | 81.5         | 3.10         | $2.2 \times 10^{-8}$   | -0.1°C  |
|                 |      | 95.0         | 3.08         | $6.0 \times 10^{-8}$   | -10.8°C |

**氷の誘電率の周波数特性** 古くからの測定値は表 1 に示すようなものである。測定値の不一致は測定技術・氷の純度・氷多結晶の内部構造の差などに基づくものである。

**積雪の誘電的性質** 雪の結晶は六花の美しい結晶であるが、地上に積った積雪となると、昇華や融解のため変形し、丸味を帯びた小さな氷の粒になり、互に連結して、全体としてしまつて密度を増して行く。さらに氷の粒は大きな粒子となって、いわゆるざらめ雪になる。このような積雪の変化の段階を大体新雪・しまり雪・ざらめ雪の三段階に分けることができる。新雪は、もとの結晶の形が多分にのこっている軽い雪であつて、密度は  $0.09 \sim 0.2 \text{ g/cm}^3$  である。しまり雪は  $0^\circ\text{C}$  以下の温度で新雪が溶けることなしに、昇華によって小さい氷の粒に変形したもので、Compact にしまつて堅く密度は  $0.2 \sim 0.4$  ぐらい。ざらめ雪は、しまり雪が気温の変動によって融解と凍結をくりかえし、だんだん大きな粒子に発達したもので、密度は  $0.4 \sim 0.6$  に達する。一般に積雪は氷の粒と空気との混合誘電体と見ることができる。

**積雪の含水率と誘電率** 水や雪の誘電率は可聴周波数領域で分散するが、水の誘電率の分散域はマイクロ波の領域にある。湿った積雪は水・氷・空気三者の混合誘電体と見なすことができる。

### 3. テレビジョン中継用マイクロ波回線における雪害

#### 3.1 フィードホーンにおける着氷雪の影響

テレビ中継または S・T リンクなどマイクロ波を利用する場合パラボラ面・反射鏡形空中線に使用するフィードホーン開口部のマイカアイリスの部分に冰雪や水滴が付着すると、そのために管内への反射波の発生が予想せられる。

超多重通信では、その遅延ひずみを避けて通信の質を良好に保つ目的から、その反射を少なくとも 2~3% 以下に抑える必要のあることが知られている。まずフィードホーンにおける着氷雪の影響に関する研究結果について述べよう。

基礎的研究に用いたフィードホーンの開口部は、縦  $4.35 \text{ cm}$ ・横  $5.25 \text{ cm}$  の矩形でマイカアイリスの無いときの、開口部の規格化よく射アドミタンスの測定値は  $1.017 + j0.1575$  ( $\lambda = 7.72 \text{ cm}$  で測定) で、これとマイカの呈する容量的アドミタンスを誘導アドミタンスで打ち消してある。

この部分に、密度  $0.55$  比誘電率  $\epsilon_s = 2.1$  の雪が電界に直角方向または平行方向に部分的に着いた場合の反射係数の測定を図 1 に示した。これは着雪の厚さ  $0.3 \text{ cm}$  および  $1 \text{ cm}$  の場合で、測定波長  $7.72 \text{ cm}$ ・気温  $1^\circ\text{C}$  の定在波を測定した結果である。

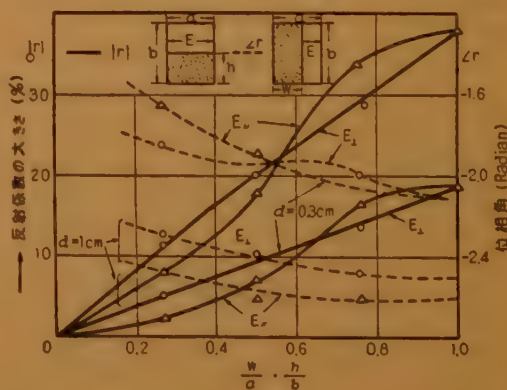


図 1

つぎにホーンのマイカ面に水・薄い金属の帯・薄いポリエチレン板 ( $\epsilon_s = 2.05$ ) などをつけた場合も同様測定値を求めて着氷雪の影響に関する基礎的概念をまとめた。

つぎに野外における実験を行なった。まず札幌市から直線距離約  $30 \text{ km}$  にある紋別岳山頂 (標高  $865 \text{ m}$ ) に  $7000 \text{ Mc}$ ・ $4000 \text{ Mc}$  送受信機を置き、そのフィード

ホーンに人工的に着氷雪を行なった場合、札幌中央電報局屋上(標高 30 m)の受信電界強度がいかに変化するかを検した。4000 Mc の方は二重スリット形のフィードホーン、7000 Mc の方は導波管形フィードホーンを用い、各種の雪を各種状態に人工的に付着させた場合、受信電界強度並びに共振周波数に及ぼす影響を検した。

さらに札幌中央電報局屋上と市内池内ビル屋上との間に送受信機を設置し、フィードホーンのマイカ面上に人工的に着氷雪を行なった場合の定在波比・反射損失・全損失などを観測した。

その結果の一例として、開口部全面に厚さ 0.3 cm の半凍結着雪を行なった場合、反射損失および指向性の崩れを含めた全損失は約 5 dB であり、開口部全面に厚さ 2 cm の完全凍結着雪を行なった場合の全損失は約 3.5 dB であった。最後にフィードホーンに着氷雪を行なった場合の水平並びに垂直両面内の指向特性も観測した。その結果の一例としてフィードホーンの下半面に厚さそれぞれ 1.5 cm および 2 cm の着雪を行なった場合の水平指向特性および垂直指向特性を調べたが、いずれも 3~5 dB 程度の減衰が見られた。

これらの理論的並びに実験的研究の結果フィードホーンにおいては極く少量の着雪・着氷によっても反射量は許容値を越えることや、若干ではあるが焦点のずれによる指向性の変化を生ずることが明らかになった。したがって、これを防ぐためになんらかの対策が必要と考えられる。

### 3.2 パラボラ面への着氷雪の影響

各種の雪が各種状態にパラボラ面に付着した場合の影響につき、理論と実験との両面から研究を進めた。また最悪の条件においてどの程度の妨害が予期されるかについても検討した。

#### 基礎実験 着氷雪の指向特性および電力利得に及

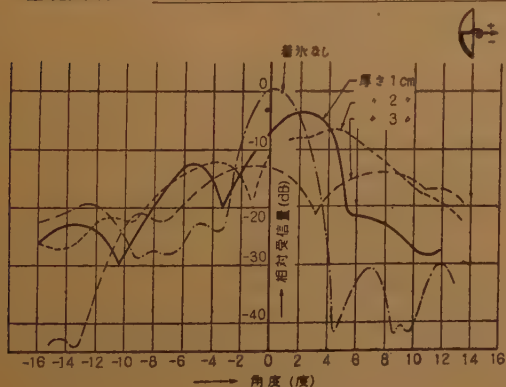


図 2

表 2

| 雪 厚<br>(cm)  | P.S.W.R. | V.S.W.R. | $(s+1)^2$ | $\frac{(s-1)^2}{4s}$ | 反 射 損 失<br>$10 \log_{10} \frac{(s+1)^2}{4s}$ | 全損失<br>(dB) |
|--------------|----------|----------|-----------|----------------------|--|-------------|
| 1 cm<br>完全凍結 | 90       | 1.2      | 4.85      | 1.04                 | 0.04   | 6.8         |
|              | 63       |          |           |                      |  |             |
|              | 91<br>61 |          |           |                      |  |             |
| 2 cm<br>完全凍結 | 77       | 1.12     | 4.5       | 1.1                  | 0.02   | 10          |
|              | 61       |          |           |                      |  |             |
|              | 72<br>52 |          |           |                      |  |             |
| 3 cm<br>完全凍結 | 46.5     | 1.22     | 4.9       | 1.1                  | 0.05   | 12.5        |
|              | 31       |          |           |                      |  |             |
|              | 62<br>40 |          |           |                      |  |             |

ぼす影響 札幌市内池内ビルと電報局との(直線距離  $\approx 200$  m)屋上にそれぞれ 7000 Mc の送受信機を設置、送信空中線としては 1.20 m の開口直径を有するジュラルミン製パラボラを用い、受信系としては利得 20 dB の電磁ラッパを使用した。送信パラボラの下半面に凍雪を付けたときの雪の厚さと電力損失との関係を表 2 に示した。同表中に導波管への反射を示す定在波比と反射損失も示してある。また以上 3 種類の厚味に凍雪をつけたときの各々の水平面指向特性・垂直面指向特性を求めた。上下非対称の着雪においては、水平面内の指向特性はほとんど変化を受けないが、垂直面内の指向特性には図 2 に見られるように、著るしい変化が認められた。

すなわち着雪の厚さを増すにつれてその主ビームの大きさは減少した。エネルギーの流れの方向は下方に大きく偏れ、またビームの半値幅が増加し、かつサイドロープのレベルの上昇が特に顕著であった。

以上の原因によるパラボラ面着氷雪の影響は、その全面に着雪するよりも、一般に部分的な着氷雪の場合が影響の大きいことが推察できる。実際の実験においても約半面の着氷雪の場合が最も大きな影響を与えることが明らかとなった。

つぎに着氷雪の厚さの影響は、電波の波長と厚さとの相対的關係で大小のあることが推察される。図 3 に理論値並びに実験結果が示してある。⊕符号で示した実験結果は紋別岳山頂と北大構内との間の実地試験結果であり、実線は北大で導いた理論式を用い数値計算によって求めたものである。

理論計算では  $f=6720$  Mc・パラボラの開口半径 = 60 cm・パラボラの焦点距離 = 36 cm とし、着雪の吸収損失は無視した。すなわち着氷雪の厚さに対する減衰は最大・最小を持つ曲線となることが明らかになった。



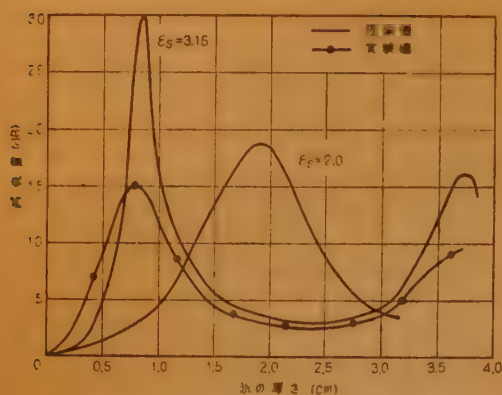


図 3

以上の研究結果から、ふく射系などの部分に対する着氷雪も実験範囲の厚さ (0.3~3 cm) では反射波の限界許容値を超過している。

網目状のパラボラ等は捕捉率が大きである故、着氷雪が起こり易く、寒冷地帯用としては避けるべきであろう。またフィードホーンあるいはパラボラ面への着氷雪は 10 数 dB の受信電界の減衰を引き起こすことが認められた。これらの影響を排除する対策としては、一方向性伝送素子により反射波を除去し、かつ受信電界に 20 dB 程度のマージンを設定することが望ましい。またダイフロン樹脂膜の利用なども考えられる。

#### 4. TV 送信用アンテナに対する着氷雪の影響

TV 送信用アンテナとしては、スーパーターン・アンテナは広帯域性があるので low band に用いられるが、スパーゲーン・アンテナは幾分帯域が狭いので high band に多く用いられる。カラー TV には、ら旋アンテナが試用されている。定在波比は映像側波帯内で 1.1 以内、音声搬送波に対して 1.5 以内と規定されている。

これらアンテナが寒冷地の山頂に建てられる場合には樹氷としての着氷や降雪による着雪などが生ずる。

##### 4.1 着氷雪による部分容量増加

まずスパーゲーンアンテナについて考察しよう。実験は第二チャンネル用と第七チャンネル用とについて行なったのである。

**支持板間** 第二チャンネルのアンテナの着雪は 7 pF 程度の容量を付加したことに相当する。第七チャンネルのものは支持板の間隔が狭く、この部分の着氷雪によって 15 pF に達する容量増加となる場合がある。

**トラップの両導体間** 無着氷雪のときの分布容量は第二チャンネル・第七チャンネルでそれぞれ 0.26~0.22

pF/cm であった。これに誘電率の 3/8 に相当する領域に着氷雪 (誘電率 4) が起こると、それによる分布容量の増加は第二チャンネル・第七チャンネルでそれぞれ 0.29~0.24 pF/cm となる。

**ダイポール上の着氷雪** ダイポール導体は開放線路路であって、着氷雪によってその分布容量が増加する。たとえば直径が導体の 2 倍になるまで着氷雪したとすると、対地分布容量の増加は第二チャンネル・第七チャンネルで約 0.0335~0.0283 pF/cm となる。この増加分はダイポール上の積り方を考えることにより基部に換算することができるが、その倍率は数倍である。

#### 4.2 着氷雪の影響と集中定数付加の影響との比較

表 3

| 容量 (pF) | SWR 実測 | SWR 計算 |
|---------|--------|--------|
| 1       | 1.1    | 1.05   |
| 2       | 1.15   | 1.1    |
| 5       | 1.35   | 1.3    |
| 10      | 1.8    | 1.6    |
| 20      |        | 2.5    |
| 30      |        | 3.5    |
| 50      |        | 8      |

給電点付近：第二チャンネル

ルの場合は表 3 のごとく、この部分への着雪は 1 pF の容量と同程度の影響がある。

**支持板間：第二チャンネル** 用アンテナでは支持板間に付加する容量の影響は、その位置によって異なるが、

上部の方が下部よりも影響が大きかった。充分に水を含んだ湿雪で、がいにくるんだ状態で S・W・R が 5、その雪層を少し減じた状態で S・W・R が 2.5 であったが、この程度の着雪はがいの位置 (支持板の中央) にそれぞれ 8 pF・6 pF の容量増加をもたらすことになる。

**トラップの両導体間：第二チャンネルにおける S・W・R** の実測値を表 4 に示す。このように付加した容量の影響は上部トラップと下部トラップとで差があった。

上部トラップ先端 15 cm に湿雪をつけたとき S・W・R は 1.8 となり、これは表と比較して約 4 pF の容量に相当し、この場合の湿雪の誘電率は 3~4 の程度であったと推定される。

表 4

| 位置                  | 容量 (pF) |      |      |      |     |
|---------------------|---------|------|------|------|-----|
|                     | 1       | 2    | 5    | 10   | 20  |
| 上 trap 先端           | 1.1     | 1.3  | 1.9  | 8    | 21  |
| 上 trap 先端から 12 cm   | 1.1     | 1.3  | 2.0  | 8    | 21  |
| " " 24 cm           | 1.1     | 1.3  | 2.03 | 11.5 | 30  |
| " " 36 cm           | 1.09    | 1.2  | 1.85 | 21   | 3.6 |
| " " 52 cm           | 1.05    | 1.1  | 1.9  | 16   | 2.8 |
| " " 66 cm           | 1.0     | 1.1  | 2.05 | 1.95 | —   |
| 下 trap 先端           | 1.1     | 1.16 | 1.4  | 2.4  | 2.6 |
| 下 trap 先端から 12.5 cm | 1.1     | 1.2  | 1.5  | 3.4  | 3.3 |
| " " 36.5 cm         | 1.05    | 1.2  | 1.48 | 6.5  | 3.1 |

トラップの途中に可変容量を挟むときインピーダンスの Smith's chart は近似的に円弧を描き、中心から周辺を回って回る。周辺に達するときの容量は、トラップの短絡端から容量付加点までの位相量の 2 倍の正弦に半比例し、トラップの中央で最小である。この最小値は理論的には、第二チャネルで  $8.2 \text{ pF}$ 、第七チャネルで  $3.6 \text{ pF}$  となるが、実験結果（前表参照）も大体理論に合っている。

**ダイポール導体上** 両ダイポール上は湿雪の凍結したものがついている状態で  $S \cdot W \cdot R$  が 1.1 となった。これは支持板間の容量  $1 \text{ pF}$  に相当し、この場合湿雪の凍結したものの誘電率は約 3 であったと推定される。

### 4.3 自然着雪の影響

降雪の場合、導体上面に雪が積るが、北大構内における数回の降雪実験においては、その影響が Smith's chart 上で図形を少し回したにすぎず、 $S \cdot W \cdot R$  はほとんど変わらない程度であった。

### 4.4 スーパーゲーン・アンテナにおける着氷雪の影響

平地での自然着雪はほとんど問題にならないが、高い山頂では樹氷の形で着氷が起こり易く、また着雪も加わることがあり得る。しかし氷点下では  $S \cdot W \cdot R$  があまり悪化することはなからうが、温度が氷点以上で着氷雪がとけ始めると、誘電率増加のため  $S \cdot W \cdot R$  が非常に悪化する恐れがある。着雪の影響は周波数が高いほど大きいので、第二チャネルよりは第七チャネルの方が問題となるう。

### 4.5 実験結果と対策

まず給電点付近およびがいにビニール管をかぶせ、トラップ導体間にビニール管を挟んで実験を行なったが、第二チャネルの場合は、著しい湿雪の人工的着雪でも  $S \cdot W \cdot R$  が 1.5 以下にとどまった。しかしこの方法ではトラップの上に積る雪の影響をさけることができない点に欠点があると考えられる。

つぎにアンテナ全部をビニール布で被って実験を行なった。この場合はトラップ上面以外には雪がのらない。密度  $0.52 \text{ g/cm}^3$  のざらめ雪を上部トラップの上面に乗せた状態で  $S \cdot W \cdot R$  1.3 の程度であった。

しかし以上のような対策は、 $S \cdot W \cdot R$  を 1.1 以内に止めるにはまだ不十分であって、もっと徹底的な対策が必要であろう。トラップの中間部の着雪が最も大きな影響を与えるから、給電点付近だけでなく、トラップの大部分を被うことが効果的である。

はなはだしい着氷雪の起こる恐れのない地方ではアンテナの構造に若干の考慮を加えることにより着雪の影響を現在のものより少なくすることが可能である。たとえば支持板間隔を広げることかトラップに誘電率の比較的小さい塗料を塗るなどの方法が考えられる。

さらに必要に応じて電熱または熱風による Anti-icing または De-icing の方法も考慮すべきであろう。

## 5. 降雪時の雑音

北海道などの降雪地においては、冬期間大雪のとき、または吹雪のときなどに無線受信機に雑音妨害を与えることがしばしば経験されている。また電界の弱い地方ではテレビ受像機の映像に雑音妨害が現われることが経験されている。これらについて詳細な実験的研究を行なった結果、いずれも同じ原因によるものであることが明らかになった。

かなりの雑音の発生するときには常にアンテナ・アース間に直流電流が流れるが、その電流は絶えず変動し、正になる場合と負になる場合がある。雑音はこの変動性の電流に原因があるように思われたので、アンテナ線の種類を変えてアンテナ・アース電流の性質を調べてみた。アンテナ線としては、

1. 先端が針のように尖ったもの。
2. 先端をペンチで切ったままのもの。
3. 先端が滑らかなもの。
4. 先端が滑らかで絶縁物で被覆したもの。

の 4 種を用いた。

その結果、尖ったもの程アンテナ・アース電流は流れ易く、裸線は被覆線より流れ易いことがわかった。ゆえにアンテナ・アース電流はなんらかの原因でアンテナ線の表面に強い電界ができ、この電界によってコロナが発生するために生ずるものと考えられる。アンテナはアースしてあるので零電位であるから、その近傍の空中電位が高ければ、アンテナ線の表面には強い電界ができるはずである。実際に空中電位を測定してみるとアンテナ・アース電流と全く同様な変化をすることがわかる。すなわち空中電位が高いとき程アンテナ・アース電流は大きい。以上のことからアンテナ・アース電流の原因がコロナによることが推察できる。またこの空中電位は雲や大気中の雪の空間電荷によって形成され、それが絶えず変動すると考えられる。

アンテナをアースしない場合は、アンテナ自身の電位がその点の空中電位に対応して高くなるので、その表面からコロナを発生する場合もある。あるいはアン

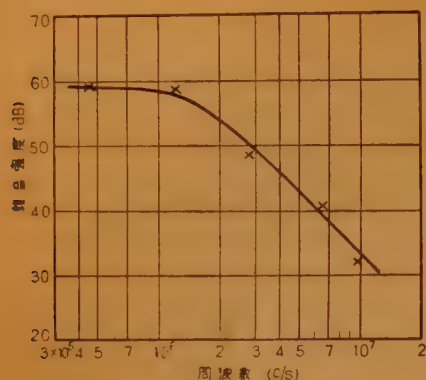


図4

テナ線と近傍の物体との間に火花放電を生じることもある。

先端が針のときのアンテナ・アース電流の波形は針が負の場合は Trichel corona と同様な波形であり、針が正の場合は Burst corona と同様な波形となる。この平均値が直流となって現われ、変化分が雑音となって現われる。雑音の周波数スペクトルの一例は図4の通りで、周波数が増すにしたがい急激に減少する傾向を持っている。実験室において人工的に強い電界を作り、その中にアンテナ線を置いて、コロナを発生させたときの雑音の周波数スペクトルを調べた結果も、自然界におけるものとほぼ同様な特性を示した。これからテレビ周波帯になると雑音が非常に減少することがわかる。テレビ周波帯においても周波数が高くなるにしたがい雑音は減少する。

手稲山頂（標高 1024 m）の雪物理研究所において、先端の尖ったアンテナを吊し、雑音を受信機で受けてこれを整流し、自記記録計で記録した。なお受信周波数としては実験の都合上第八チャネルを用いた。その一例は図5の通りである。山頂は平地に比べて降雪量も多く悪天候の機会がはるかに多いので、アンテナ・アース電流がある程度以上流れる回数は多いのであるが、記録紙上に雑音として現われた回数は非常に少なかった。また実験室でコロナを発生させて、その映像妨害を調べたところ、画面に斑点が現われることがあるが、その妨害程度は極く僅かであった。これらの結果からテレビ周波数ではコロナによる雑音妨害は非常に少ないものと考えられる。

しかしアンテナが高電位のため火花放電を生ずるような場合には妨害はかなり顕著に現われる。実験室内で火花放電を発生させてその雑音周波数スペクトルを

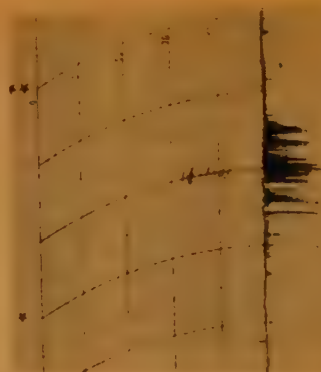


図5

取ってみるとテレビ周波帯においてもその妨害はあまり減少せず、コロナの場合に比べてはるかに大きい。

実際には電界の弱い地方で、コロナによってテレビ受像機に映像妨害を与えることがあるが、アンテナが高電位になって火花放電を発生する場合の妨害の方がはるかに著しく、時には同期がくずれることもある。

## 6. 結 言

以上テレビに対するおもな雪害に関する研究結果について述べたが、雪の電気的特性・降雪・着氷雪の影響などは、種々の気象条件に応じて極めて複雑に変化するから、自然現象を取り入れたこの種の問題の完全な解決は極めて困難なものとなろう。

本研究は札幌市を中心としての実験に基づいているが、種々の基礎的実験を加味し、さらにこれに理論的検討も加えたものであって、この種問題に対する一応の解決が与えられたもので、他の降雪地域に対しても有用な参考資料となるものと考えられる。

本研究は昭和 28 年通信学会に設置せられた雪上超短波研究専門委員会、並びに昭和 34 年テレビジョン学会に設置せられたテレビジョン施設凍雪害調査委員会が中心となって行なったものである。

特に北海道地区における北海道電通局・北海道電波監理局・札幌管区中央气象台・北大応用電気研究所・低温科学研究所・北大工学部・N・H・K・札幌中央放送局・北海道放送・国鉄札幌管理局などの協力を得て初めてこの研究が完成したものであって、各位に深く感謝する次第である。なおこれら調査研究は、つぎの刊行物に詳細に報告せられていることを付記する。

## 文 献

- (1) “雪上マイクロ波伝播特集号” 応用電気研究所集報 8, 4 (昭 31-12)。
- (2) “Microwave propagation in snowy districts.”, Monograph Series of the Research Institute of Applied Electricity. No.6, (1958).



## 論文・資料

UDC 621.317.733.011.21:621.372.8

## フェライトを用いたマイクロ波インピーダンス直視装置

正員 小原啓義 正員 岩片秀雄

(早稲田大学理工学部)

**要約** 磁化されたフェライトの示す透磁率分散特性を利用した電氣的に可変できるマイクロ波可変移相器を用いて、導波管内のマイクロ波進行波の位相を制御して等価的に試インピーダンスの呈する定在波を移動せしめ、導波管上のマイクロ波インピーダンスを直視的に指示する方法の二、三を示すと共に、試作インピーダンス直視装置の特性について述べる。

## 1. 序 言

マイクロ波回路素子のインピーダンスをスミス図表上で直視的に測定する方法は今まで数多く発表されているが、いずれの測定方法も構造が複雑であったり測定周波数範囲が狭いなどの欠点を持っている。筆者らは磁化されたフェライトが示す透磁率の分散特性を利用した電氣的に可変し得るマイクロ波可変移相器の研究を行なって来たが、かかる可変移相器を利用してマイクロ波インピーダンス直視装置を案出した。このインピーダンス直視装置には2種類あって、一つは移相器を時間的に直線状に掃引し指示装置にブラウン管を用いる極座標式マイクロ波インピーダンス直視装置であり、他は移相器を時間的に階段状に掃引し指示装置には、ペン書指示装置でもブラウン管でも用いられる直角座標式マイクロ波インピーダンス直視装置である。これら両方式について試作実験を行なったところ良好な結果を得、また両者の利害得失を知ることができたので、ここに報告する次第である。

## 2. 原理および構成\*

## 2.1 極座標式マイクロ波インピーダンス直視装置

図1は本方式の原理を示すもので、フェライトを用いたマイクロ波 AGC 回路、マジック  $T$ 、被測定インピーダンス、フェライトを用いたマイクロ波可変移相器およびこれに付随するマイクロ波短絡終端、鉍石検波器、移相器電源、インピーダンス指示装置等から

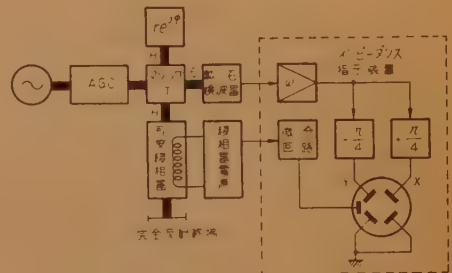


図1 極座標式インピーダンス直視装置

Fig. 1—Polar coordinate type impedance meter.

構成されている。

まず本装置の動作を考えてみるに、AGC 回路を通過したマイクロ波はマジック  $T$  で等分されて一つは被測定インピーダンス  $Z$  (反射係数  $r = re^{j\theta}$ ) に行き所定量だけ反射されてマジック  $T$  に戻る。他は可変移相器を通して短絡終端で完全反射され、再び可変移相器を通してマジック  $T$  に戻る。したがってマジック  $T$  の  $E$  分岐には両者の差に相当する出力が現われ、ここに接続されている鉍石検波器  $I$  の出力  $p$  はその検波特性を自乗特性とすれば、

$$p = a\{r^2 + 2r \cos(\phi - 2\theta) + 1\} \quad (1)$$

のようになる。ここで  $\theta$  は可変移相器の移相量、 $a$  は比例定数である。いま  $\theta$  を図2 (a) に示すように周期  $T$  で時間と共に直線状に0から  $\pi$  まで変化せしめれば、 $p$  の様子は図2 (b) に示される正弦波形となり、 $p$  の時間に対する変化量だけ取出し  $v$  とすれば、

$$v = 2ar \cos\left(\phi - \frac{2\pi}{T}t\right) \quad (2)$$

つぎに  $v$  の位相を  $\frac{\pi}{4}$  進めるか、あるいは  $\frac{\pi}{4}$  遅らせてそれらをそれぞれ  $v_1, v_2$  とし、 $v_1$  をブラウン管の  $X$  軸に  $v_2$  を  $Y$  軸に印加すれば、けい光面上における電

\* Microwave Impedance-Meter Using Ferrite. By HIROYOSHI OHARA and HIDEO IWAKATA, Members (Faculty of Science and Engineering, Waseda University, Tokyo). [論文番号 3235]

\*\* 本方式の基本原理解説公報 昭 34-8943, 他は追加特許申請中。

子ビームの軌跡は  $re^{j(\phi - \frac{2\pi}{T}t + \frac{\pi}{4})}$  なる円になる。このとき  $t = nT$  ( $n=0, 1, 2, \dots$ ) の時刻にだけけい光面に電子ビームが照射されるようにブラウン管を輝度変調せしめれば、そのときの輝点の座標は  $re^{j(\phi + \frac{\pi}{4})}$  になるので座標軸を  $45^\circ$  だけ反時計式に回転すれば、輝点の座標は、 $re^{j\phi}$  となる。これは被測定インピーダンスの反射係数を示すもので、けい光面上にスミス図表を目盛っておけばインピーダンスを直読せしめることができる。

したがって以上の構想を具体的に示せば、図1に示すように移相器用電源としてはきょ歯状波電流発生回路を使用し、ここで発生した図2 (a) のごとききょ歯状電流をフェライトを用いたマイクロ波可変移相器の励磁コイルに印加する。また、このきょ歯状波を微分して図2 (c) に示すようなパルスを時刻  $t = nT$  ( $n$  は整数) において発生し、これをインピーダンス指示用ブラウン管の輝度変調用電極に印加する。一方鉱石検波器の出力は角周波数  $\frac{2\pi}{T} = \omega$  に同調している増幅器を通して帰線時間の影響を除いた後  $\frac{\pi}{4}$  および  $-\frac{\pi}{4}$  移相器を介して等分にブラウン管の  $X$  軸および  $Y$  軸に印加する。この際、増幅器の増幅度を加減することにより反射係数面の中心部を自由に拡大することができる。

**2.2 直角座標式マイクロ波インピーダンス直視装置**  
本装置の構成は極座標式マイクロ波インピーダンス直視装置と全く同じであるが、移相器電源およびインピーダンス指示装置の構造が異なっており、したがって測定原理もまちがっている。

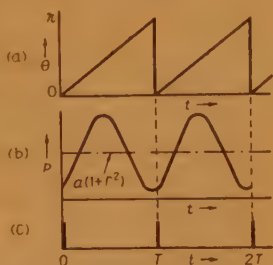


図2 極座標式インピーダンス直視装置の移相器波形および鉱石検波器出力波形  
Fig. 2—Phase-shifter waveform and crystal detector output waveform of polar coordinate type impedance meter.

図3 直角座標式インピーダンス直視装置の移相器波形および鉱石検波器出力波形  
Fig. 3—Phase-shifter waveform and crystal detector output waveform of cartesian coordinate type impedance meter.

すなわちマイクロ波移相器の移相量  $\theta$  が図3 (a) に示すように周期  $T$  ごとに  $\theta=0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3}{4}\pi$  となる階段状波形で変化すれば、 $\theta$  のそれぞれの値に対する鉱石検波器の出力  $p_i$  は式 (1) より

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= a\{r^2 + 2r \cos \phi + 1\} \\ p_2 &= a\{r^2 + 2r \sin \phi + 1\} \\ p_3 &= a\{r^2 - 2r \cos \phi + 1\} \\ p_4 &= a\{r^2 - 2r \sin \phi + 1\} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

となり、その波形は図3 (b) に示される。

ここで  $p_i$  の平均値は  $a\{r^2 + 1\}$  であるから  $p_i$  の時間変化成分を  $v_i$  とすれば、

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= 2ar \cos \phi \\ v_2 &= 2ar \sin \phi \\ v_3 &= -2ar \cos \phi \\ v_4 &= -2ar \sin \phi \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

となる。したがって  $v_1$  および  $v_2$  を取出してブラウン管または  $XY$  記録器の  $X$  軸並びに  $Y$  軸にそれぞれ印加すれば反射係数  $re^{j\phi}$  を図示することができ、直角座標式の名称もかかる原理に由来するのである。本装置の構成は図4 (a) に示され、移相器電源で発生した階段波電流をマイクロ波移相器の励磁コイルに印加して図3 (a) の階段状移相変化を得ると共に鉱石検波器の出力に接続されているゲート  $SX$  および  $SY$  に移相器電源より  $t_1, t_2$  の時間だけゲート信号を階段状波電流と同期して  $v_1$  および  $v_2$  を取出す。  $SX$  および  $SY$  の出力は周期  $T$  のパルスであるからこれを

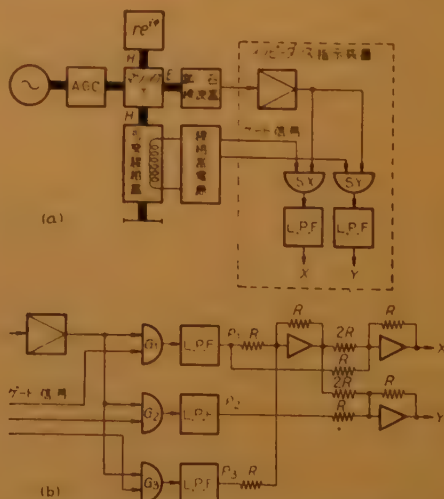


図4 直角座標式インピーダンス直視装置  
Fig. 4—Cartesian coordinate type impedance meter.

平滑回路 LPF を通して直流とし XY レコーダまたはブラウン管の X 軸および Y 軸にそれぞれ印加する。あるいはまた式 (3) より  $p_1, p_2, p_3$  を用いて

$$\left. \begin{aligned} p_1 - \frac{p_1 + p_3}{2} &= 2 ar \cos \phi \\ p_2 - \frac{p_1 + p_3}{2} &= 2 ar \sin \phi \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

となる。したがって図 4 (b) に示すようなインピーダンス指示装置部を図 4 (a) のそれと置換え、移相器電源より階段状波電流と同期して図 3 (a) の  $t_1, t_2, t_3$  なる時間にゲート信号をそれぞれ鉤石検波器の出力に接続されているゲート  $G_1, G_2, G_3$  に印加して  $p_1, p_2, p_3$  を取出し平滑回路 LPF を通した後、式 (5) の左辺と同じ演算回路によって  $r \cos \phi, r \sin \phi$  に比例する電圧を出力端子 X, Y に取出し、これをスミス図表で目盛ったブラウン管または XY レコーダの X, Y 入力に印加すればブラウン管または XY レコーダ上に被測定インピーダンスを指示することができる。

### 3. マイクロ波移相器

周知のごとくフェライトは印加直流磁界の大きさによってマイクロ波に対する透磁率が異なるので、この特性を利用すればマイクロ波可変移相器を作ることができ、かつ電気的な移相可変方式を採用できる。本装置に使用した可変移相器は使用導波管および磁界印加

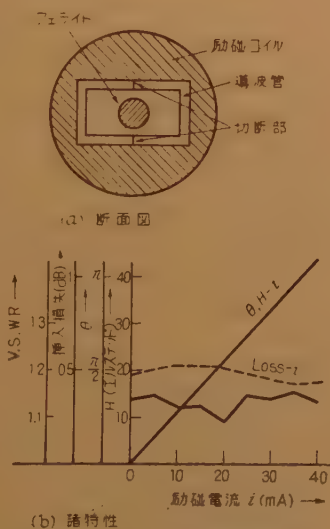


図 5 マイクロ波可変移相器  
Fig. 5—Microwave phase-shifter.

方法が最も簡単になる矩形導波管内にフェライトを置きこれに管軸方向に磁界を印加する方式を採用した。図 5 (a) がその断面を示す図であって、導波管は本装置の実験を X-band で行なったので WR-10 を用い導波管が励磁コイルの二次回路とならぬよう導波管断面の中央部を管軸と平行に切断して絶縁物をはさんで張り合わせてある。また、この導波管の前後には他の

導波管が接続されることになるが、その切断した導波管を直流的に短絡せぬように中間に絶縁物のフランジを用いることにした。本移相器に使用したフェライトは直径 6 mm 長さ 52 mm の円筒状のもので、その両端はマッチングを考慮して円すい状になっている。本移相器の励磁電流に対する周波数 9,375 Mc における磁界、移相量、挿入損失、定在波比の特性が図 5 (b) に示してある。すなわち移相量  $\pi$  に対応する磁界は 40 Oersted でそのときの励磁電流は 36 mA である。またマイクロ波の挿入損失は移相量変化が 0 から  $\pi$  までの範囲で約 0.5 dB でほとんど変化はない。なお周波数 9,375 Mc で  $\pi$  移相する電流に対して 9,200 Mc, 9,600 Mc における移相量はそれぞれ度数で 176 度および 185 度である。

### 4. AGC 回路

本装置に使用したマイクロ波 AGC 回路は図 6 に

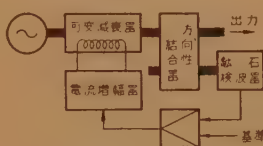


図 6 AGC 回路  
Fig. 6—AGC circuit.

示すように方向性結合器によりマイクロ波入力の一部を分岐し、これを鉤石検波器で検波するが、そのとき検波出力が一定値となるように主回路にある可変減衰器を制御する方式を用いている。また AGC 回路の鉤石検波器は、本装置に使用している鉤石検波器と同一特性を有するものであって、本 AGC 回路を挿入することによりインピーダンス直視装置の鉤石検波器出力に換算して一定マイクロ波入力を得ることが可能である。

### 5. インピーダンス直視装置の誤差に対する検討

本装置の測定精度に直接関係を持つ主要因子としてマジック  $T$  の非対称性、マイクロ波移相器の移相特性、反射および損失、鉤石検波器の自乗特性からのずれなどが考えられる。

#### 5.1 マジック $T$ の非対称性

マジック  $T$  に非対称性があるとき、マジック  $T$  から被測定インピーダンスへ向うマイクロ波の振幅を  $E$ 、移相器へ向うものを  $\alpha E$  とすれば、マジック  $T$  の  $E$  分岐出力は  $Ere^{j\phi} + \alpha Ee^{j2\theta}$  となり、したがって鉤石検波器出力の時間変化成分  $v$  は

$$v = 2 \alpha a r \cos(\phi - 2\theta) \quad (6)$$



となり、マジック  $T$  の非対称性による影響は式 (6) の比例定数に含ませ得るから、これを無視できることが解る。

## 5.2 マイクロ波移相器の挿入損失

マイクロ波移相器に挿入損失があるときは、損失分だけのマイクロ波がはじめから移相器に到達しなかったものと考えればマジック  $T$  の非対称性による誤差と全く同じに取扱うことができるが、図 5 (b) に見られるように移相器の挿入損失は、所要磁界内で一定と考えられるからこの影響は無視することができる。

## 5.3 マイクロ波移相器の反射

マイクロ波移相器の反射による誤差は二つの方式に対して異なった影響を与える。

極座標式インピーダンス直視装置に対しては、マイクロ波移相器の反射係数を  $r'e^{j\phi}$  とすれば鉤石検波器の出力  $p$  は

$$p = a |re^{j\phi} - r'e^{j\phi'} + (1 - r'e^{j\phi'})e^{j2\theta}|^2 \quad (7)$$

となるが、 $r'$  および  $\phi'$  が印加磁界および周波数により変化しなければ被測定反射係数の指示値  $\hat{R}$  は

$$\hat{R} = 2a \{ re^{j\phi} - rr'e^{j(\phi-\phi')} - r'e^{j\phi'} \} \quad (8)$$

となり、第 2 項および第 3 項が誤差を与える。ただし  $r' \ll 1$  とした。ここで反射係数面の原点を  $-r'e^{j\phi'}$  に移動すれば式 (8) の第 3 項は消失してそのときの誤差は第 2 項のみとなり、反射係数で  $(1 - r'e^{-j\phi'})$  倍の誤差を与える。

直角座標式インピーダンス直視装置に対しては移相器の挿入損失が極めて小さいとき移相器の反射も考慮に入れてマジック  $T$  に戻ってきたマイクロ波の位相差が往復で  $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3}{2}\pi$  となるように調節すれば移相器の反射による誤差は生じない。しかし移相器の挿入損失がやゝあるときは極座標式の場合と全く同様に取扱うことができる。

## 5.4 マイクロ波移相器の移相特性

極座標式インピーダンス直視装置では移相器の移相量変化  $\theta$  は時間  $t$  に対し直線的に変化するものと仮定しているが、実際は下方に凸な曲線を画く。いまこれを二次曲線と仮定し、 $t=T$  のときに  $\theta=\pi$  となるように

$$\theta = \left( \frac{\pi}{T} + bT \right) t - bt^2 \quad (9)$$

と置けば

$$v = 2ar \left\{ \cos(\phi - \omega t) + \frac{d\theta}{3} \cos \left( \phi - \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \right\} \quad (10)$$

となり第 2 項が誤差を与える。ここで  $d\theta$  は  $t = \frac{T}{2}$  のときの  $\theta$  の  $\frac{\pi}{2}$  からのずれであって  $\frac{bT^2}{2}$  に等しい。

直角座標式インピーダンス直視装置に対しては移相器の励磁電流—移相量特性が直線であっても図 3 (a) に示されるような階段状波形の移相変化を得るのは容易であるからこれに基因する誤差は存在しない。しかし階段状移相変化の各値が所定量からずれているとき、たとえば  $t=t_1$  のとき  $\theta = \frac{\pi}{4} + d\theta$  であるならば反射係数の絶対値の誤差は  $2d\theta \sin \phi$  となり  $\phi$  の大きさによっては比較的大きい誤差を与える。

## 5.5 鉤石検波器の検波特性

本装置に使用した鉤石検波器は自乗検波特性を有するものと仮定してあるから実際は誤差を生ずる。すなわち検波特性が  $(2+2\alpha)$  乗であるものとすれば極座標式に対しては検波出力が  $\frac{2\pi}{T} = \omega$  の同調回路を通ることを考慮して

$$v = a(1+r^2)^{\alpha} \left\{ 1 + \alpha - \frac{\alpha}{8} \left( \frac{2r}{1+r^2} \right)^2 \right\} 2r \cos(\phi - \omega t) \quad (11)$$

したがって、この場合の誤差は反射係数の絶対値にだけ生じ  $\alpha=0.01$  のとき最大 1.6% となる。

つぎに直角座標式に対しては

$$v = a(1+r^2)^{1+\alpha} \left[ \left\{ 1 + \alpha - \frac{\alpha}{8} \left( \frac{2r}{1+r^2} \right)^2 \right\} \frac{2r}{1+r^2} \cos(\phi - 2\theta) + \frac{(1-\alpha)\alpha}{4} \left( \frac{2r}{1+r^2} \right)^2 \cos(\phi - 4\theta) \right] \quad (12)$$

となり反射係数の絶対値、位相角の両方に誤差を生じその値は極座標式の場合よりも大きくなる。 $\alpha=0.01$  のとき反射係数の絶対値の最大誤差は 1.9% になる。

## 5.6 測定可能最小反射係数

完全整合に近い負荷すなわち反射係数  $r$  の小なる範囲に対する本装置の測定限界は原理的には存在しないが、実用上は主としてインピーダンス指示装置の SN 比によって分解能が限定される。たとえばブラウン管表示の場合には、鉤石検波器の自乗検波特性範囲を越えない最大マイクロ波入力値を印加したときに  $r=0$  の負荷に対する鉤石検波器出力を  $p_0(V)$ 、指示装置の可能最大感度(ブラウン管上に雑音が実視されない範囲)を  $A_{\max}(m/V)$ 、ブラウン管の輝点の半径を  $d(m)$  と

すれば、 $r=1$  のブラウン管上の半径は  $2A_{\max}p_0(m)$  となるから測定可能最小反射係数  $r_{\min}$  は

$$r_{\min} = \frac{d}{2A_{\max}p_0} \quad (13)$$

となる。

## 6. 試作インピーダンス直視装置の特性

前述の原理にしたがって二つの方式のインピーダンス直視装置を試作したが、その結果について述べる。

まず極座標式インピーダンス直視装置は移相器電源およびインピーダンス指示装置の構造が比較的簡単であるにもかかわらず、マイクロ波移相器の移相量変化が時間に対して直線にならぬことおよびきょ歯状波電流の帰線時間の影響を完全に除去することができないのでインピーダンス測定精度が悪く、大約 10% ほどの誤差を与えた。これに対して直角座標式インピーダンス直視装置は移相器電源で階段状波形を発生せしめる必要がありまたインピーダンス指示装置にはゲート増幅器や演算増幅器等を必要として前者より構造が複雑になるが、移相器の直線性は必要でなくまた帰線時間および移相器の反射による影響を受けぬ利点があるので精度は極座標式より良く、誤差数%の範囲にとどめることができた。

直角座標式インピーダンス直視装置のインピーダンス指示装置には 2 種類の方法が考えられることを前に述べたが、両者の差異は主として検波以後の部分にある。両者を比較すれば図 4 (a) の方式より同図 (b) の方法の方が、所要移相量が少ないことおよびゲート増幅器が簡単にできることが演算増幅器を 3 個使用せねばならぬ損失を補ってより有利であると考えられる。

なお直角座標式インピーダンス直視装置の精度を良くするには前述のごとく移相量を所要値に正確に保つことが最も必要であるので同装置に使用した階段状波形電流発生回路は図 7

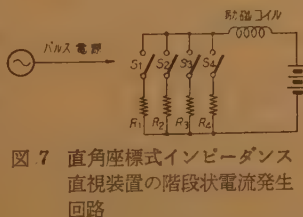


図 7 直角座標式インピーダンス直視装置の階段状電流発生回路  
Fig. 7—Step current generator of cartesian coordinate type impedance meter.

に示す通りであって、パルス電源より発生したパルスによりスイッチ  $S_1$  ないし  $S_3$  を順次閉じて抵抗  $R_1$  ないし  $R_3$  を挿入し励磁コイルに階段状波形電流を流すと共に  $S_i$  と  $R_i$  とを一つの真空管で構成し動的抵抗を大きくとって階段波の平頂を維持せしめている。

本装置の特徴の一つは従来からある四探針式または三探針式インピーダンス直視装置と測定原理が似ているにもかかわらず測定周波数範囲がはるかに広いことである。すなわちマジック  $T$  により不平衡出力を検出せしめているのでインピーダンス測定基準面がマジック  $T$  の両アームの電気長を等しく取って置けば周波数により不変である。また AGC 回路の採用により検波器の周波数特性もまた比較的広い。したがって本装置の周波数特性は使用マイクロ波移相器によって主として左右される。試作インピーダンス直視装置では  $9,375 \text{ Mc} \pm 200 \text{ Mc}$  の範囲まで誤差 (反射係数の絶対値に対して) 数%以内に保つことができた。また測定し得た最小反射係数は約 1.05 であったが、増幅器の雑音で限定されているので改良の余地があるものと思われる。

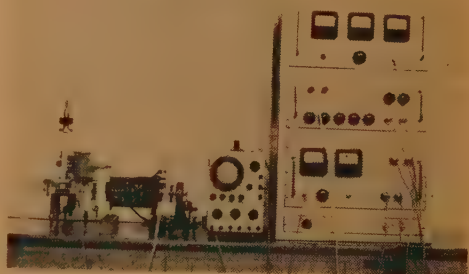


図 8 直角座標式インピーダンス直視装置  
Fig. 8—Photograph of cartesian coordinate type impedance meter.

図 8 は試作した直角座標式インピーダンス直視装置であって、右よりマイクロ波電源、移相器電源およびインピーダンス指示装置の増幅器部を納めた筐体、つぎはインピーダンス指示用ブラウン管、左側は導波管部分である。



図 9 試作直角座標式インピーダンス直視装置による可変短絡負荷の測定図  
Fig. 9—Chart of variable shorted load measured by cartesian coordinate type impedance meter.

図 9 は図 8 に示す装置により可変短絡終端のインピーダンスを測定し短絡端を移動したときの軌跡であって、正確には真円 (点線) となるべきものが図示のごとくひずみを生じ被測定インピーダンスの反射係数が  $\phi = \frac{\pi}{2}, \frac{3}{2}\pi$  の付近で最も誤差が大きくなっているが、これは移相器の移相

量の不正確さから生ずるものである。

## 7. 結 言

フェライトを用いたマイクロ波可変移相器を利用して導波管上のマイクロ波インピーダンス直視装置を構成できること並びにその特性について述べたが、本装置の特徴は構造が簡単であるが、周波数特性も比較的広くまた応答速度を速くすることができる点にある。したがって本装置の応用としてマイクロ波機器のインピーダンスを直視的に測定するだけでなく、周波数あるいは素子の一部を可変せしめたときのインピーダン

ス特性を記録し、またインピーダンス整合をとる場合の監視装置として用いれば極めて便利である。

なお本装置の試作、研究は文部省科学試験研究費の補助により行なった。

## 文 献

- (1) 岩片, 清水, 小原: 昭 31 連大 624.
- (2) 岩片, 小原: 昭 32 信学全大 151.
- (3) 小原, 岩片: 昭 33 信学全大 152.
- (4) 小原: マイクロ波伝送研専委資料, (昭 34. 8. 25).
- (5) 小原, 岩片: 昭 34 信学全大 243.
- (6) F. Reggia, E.G. Spencer: IRE 45, 11, p 1510, (Nov. 1957).

(昭和 35 年 2 月 4 日受付)

UDC 621.372.6 : 513.83 : 512.831

# Signal-Flow-Graph を用いる連立線形方程式の解析および Signal-Flow-Graph の構造に関する一考察\*

正 員 川 上 正 光      正 員 佐 川 雅 彦

(東京工業大学)

**要約** Signal-Flow-Graph (以下 SFG と略記する) によって線形な系の解析を行なうとき、系の状態を記述する線形方程式を SFG に表示する方法には数多くの自由度があって、実用上不便である。

本論文では、まずこの任意性の束縛条件を明らかにした。その結果一般の一次独立な連立線形方程式(変数の数・方程式の数)はすべて SFG の書き換えなしに解くことができることがわかり、同時に SFG による解析に数学的な裏付けを与えることができた。また SFG の構造の一端を知ることができた。

特に、SFG による解析の特別な場合として任意の一次変換の積を容易に求め得ることを明らかにした。これは応用上重要なものであると思われる。

## 1. 序 言

最近線形回路の解析、特に帰還回路の解析に topological な手法を取入れた Signal-Flow-Graph (以下 SFG と略記する) による解法が、S.J. Mason<sup>(1),(2)</sup> 氏らによって開発研究され数々の成果があげられている。しかし Mason 氏の研究においては独立な入口の node (source) は 1 個で、それに対するたゞ 1 つの出口の node (sink) に対する関係を求めるもので、平山氏が指摘されたように<sup>(3)</sup> 二端子的な考え方に基づくものであった。このような考え方を拡張する多端子的な考察については位相幾何行列 (F) を取入れた研究が平山氏によって発表されている<sup>(3)</sup>。

筆者は置換の理論を用いて、確定した解を有する任

意の連立線形方程式が与えられたとき、簡単な係数変換を行なった上、これを一定の形の  $n$  端子 SFG (筆者は Circle-Flow-Graph と命名した) として表示し、解を求める方法を明らかにした<sup>(4)</sup>。これは Mason 氏の与えた定理の拡張となっている。その結果 SFG による解析と代数計算との対応が明確となり、SFG による解法の数学的な裏付けを与えることが可能となった。

その後、Coates 氏は SFG を発展させた Flow-Graph による連立線形方程式の解法を発表しているが<sup>(5)</sup>、これは incidence matrix, connection matrix (位相幾何行列と類似の性質を有する) を基礎とするもので、系の状態を表示する方程式の取扱いは本論文とは違った方法を取っており、本論文の考察とは本質的に異なるものである。

## 2. Circle-Flow-Graph

いま確定した解をもつ連立線形方程式

\* The Structure of Signal-Flow-Graph and its Solution of Simultaneous Linear-Equations. By MASAMITSU KAWAKAMI and MASAHICO SAGAWA, Members (Tokyo Institute of Technology, Tokyo). [論文番号 3236]



$$\sum_{i=1}^n a_{ij}x_i = f_j^* \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

が与えられたものとすれば、係数から作られる行列式  $|a_{ij}|$  は零ではない。すなわち

$$|a_{ij}| \neq 0 \quad (2)$$

ここで  $x_i$  は値を求めるべき未知量であり、 $f_j$  は既知量を表わす任意個の変数の一次結合である。このとき (1) を構成する  $n$  個の方程式を適当に入れかえて主対角線上の係数  $a_{jj}$  をすべて零でないようにすることができる。(もしこれが不可能であるとすれば (1) の第  $i$  番目、第  $j$  番目の方程式を入れ換えることによって  $a_{ij} = a_{ji} = 0$  となり、 $i, j$  をそれぞれ 1 から  $n$  まで動かすことによってすべての係数が零であることが結論され (2) と矛盾する。)

そこで (1) の両辺を主対角要素  $a_{jj}$  で除し、つぎのような係数変換を行なう。

$$a_{ij} \cdot a_{jj}^{-1} = -t_{ij}, (i \neq j), \quad a_{jj}^{-1} = t_{jj} \neq 0 \quad (3)$$

したがって (1) は

$$\sum_{i=1}^n (-t_{ij})^{1-\delta_{ij}} x_i = t_{jj} f_j, (j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$\delta_{ij}$ : Kronecker の delta

のように変形される。そこで (4) を特に主対角要素  $x_j$  を sink として SFG 表示を行ない、このような  $n$  個の SFG を組み合わせると図 1 に示すような線図が得られる。この線図を用いれば、SFG の等価変換をまったく行わずに連立線形方程式の解を求めることが可能となるのであって、従来の SFG 解析には見られないものであり、この線図を特に

Circle-Flow-Graph と

呼ぶ。(以下 CFG と略記する。)なお、係数変換 (3) の第 1 式における負号は、図 1 における branch gain にすべて正号がつくようにするためにつけたものである。

CFG は円周上に  $n$  個の変数  $x_1, \dots, x_n$  の node を有し、そのうちの任意の 2 個の node  $x_i, x_r$  の間には必ず往復する branch がある。 $x_i$  から  $x_r$  に向う branch、 $x_r$  から  $x_i$  に向う branch の branch gain

はそれぞれ  $t_{ri}, t_{ir}$  である。node  $x_i$  の外側には node  $f_i$  があり、node  $f_i$  から出発して node  $x_i$  に終わる branch  $t_{ii}$  がある。

特に  $f_i$  が零なるときは branch  $t_{ii}, a_{ij}$  が零なるときは branch  $t_{ij}$  を省くことができるが、CFG の対称性は失われ、node  $x_i, x_r$  を往復する branch の一方、もしくは双方が失われる。図 2 に  $n=3$  の場合の例を示す。

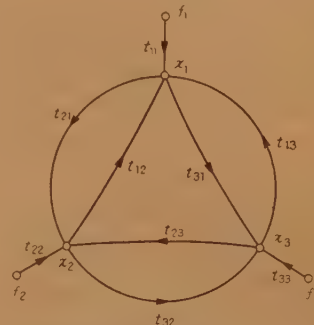


図 2 Circle-Flow-Graph の一例 (3 元の場合)

Fig.2—An example of Circle-Flow-Graph (3rd order).

場合の例を示す。

なお与えられた方程式はすべて (1) のように整理するので CFG には Mason 氏によって定義された self-loop<sup>(1)</sup> は表われないため後に述べる一次変換の積を求めるための CFG の構造が非常に簡単な形となる。

また self-loop をもつ SFG については、self-loop の中に変数の node を 1 個新設することによって等価な CFG を常に求めることができる。

### 3. CFG による連立方程式の解析

連立線形方程式 (1) が与えられたとき、図 1 によって  $x_1, \dots, x_n$  の  $f_1, \dots, f_n$  による表示式を求めることができる。これを定理の形にまとめておく。

〔定理〕 “連立線形方程式 (1) が与えられたとき、係数変換 (3) を行ない、主対角項を sink とした  $n$  個の SFG を描き、これらを組み合わせる。このとき  $n$  個の source ( $f_1, f_2, \dots, f_n$ ) および  $n$  個の sink ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) を有する CFG において  $s$  番目 source  $f_s$  から  $k$  番目の sink  $x_k$  に至る伝達関数  $T_{ks}$  を求めるためには独立 loop の loop gain をすべて求めておき、つぎのような有理数を求めればよい。

$$T_{ks} = \frac{(x_k)_s}{f_s} = \frac{\sum_1 [P(ks) \{1 + \sum_2 (-1)^l L^{(l)}(ks)\}]}{1 + \sum_3 (-1)^m L^{(m)}} \quad (5)$$

ただし

$(x_k)_s$ :  $f_s$  より  $x_k$  に至る signal flow.

$$f_1 = \dots = f_{s-1} = f_{s+1} = \dots$$

$$= f_n = 0 \text{ とおいたとき}$$

$$x_k = f_s T_{ks}$$

$P(ks) : f_s$  より  $x_k$  に至る path  $\pi_{ks}$  の gain.

$L^{(l)}(ks) : \pi_{ks}$  と node を共有せず, かつ互いに node を共有しない  $l$  個の loop gain の積

$L^{(m)} :$  互いに node を共有しない  $m$  個の loop の loop gain の積

$\Sigma_1 :$  source  $f_s$  より sink  $x_k$  に至るすべての path について行なう.

$\Sigma_2, \Sigma_3 :$  それぞれ  $L^{(l)}(ks), L^{(m)}$  の条件にあてはまる loop の数によって定まる場合の数だけ行なう.

このとき  $x_k$  は

$$x_k = \sum_{s=1}^n T_{ks} f_s \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

として与えられる”.

本定理の証明および  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$  を行なう場合の数についての検討は付録において行なう.

特にMason氏の与えた定理<sup>(2)</sup>は  $f_i$  はたゞ1個で  $x_i$  が特定の1個である場合のみを対象とするものであり, 方程式をSFGに表示する際, sink とするべき変数の選定にはなにも触れていない. そのためMason氏の方法で連立線形方程式を解析する場合には一般にSFGの等価変換によってCFGに等価なSFGを求めるか, もしくはnodeの縮約によって解を求めねばならず, いずれの方法によっても手数がかかるものであった.

ここで本論文の方法による例題をあげる.

$$\begin{cases} x_3 = ax_1 + ex_4 & \text{(i)} \\ x_1 = dx_3 + cx_7 + gx_5 & \text{(ii)} \\ x_5 = fx_1 + hx_4 & \text{(iii)} \\ x_1 = kx_5 & \text{(iv)} \\ x_3 = bx_2 & \text{(v)} \end{cases}$$

ここで  $x_2$  を  $x_1, x_7$  で表示

することを問題とする. 上の各式を(1)の形に整理すると各式の左辺の量を主対角項とすることが

できることがわかる. したがってCFGは図

3のようになる. loopは3個あるが, 各loopが通

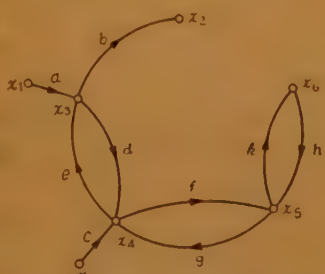


図3 例題(式(i)~(v))のためのCircle-Flow-Graph  
Fig.3—Circle-Flow-Graph for the example(formulas (i)~(v)).

過する node  $x$  の添字によってこれらの loop を区別すると

$$L_{24} = de, L_{45} = fg, L_{56} = hk \quad \text{(vi)}$$

となる. また node  $x_1$ , node  $x_7$  から  $x_2$  に至る path の gain は, その path が通る node  $x$  の添字によって表示すると

$$p(2-3-1) = ba, p(2-3-4-7) = bec \quad \text{(vii)}$$

loop や, path が node を共有するかどうかはこの添字によって判別できる. そこで本論文の定理を用いると(5)より

$$T_{21} = \frac{(x_2)_1}{x_1} = \frac{p(2-3-1)[1 - (L_{45} + L_{56})]}{1 - (L_{34} - L_{45} - L_{56}) + (L_{34})(L_{56})} \quad \text{(viii)}$$

$$T_{27} = \frac{(x_2)_7}{x_7} = \frac{p(2-3-4-7)[1 - L_{56}]}{1 - (L_{34} + L_{45} + L_{56}) + (L_{34})(L_{56})} \quad \text{(ix)}$$

(vi), (vii), (viii), (ix)に(6)を適用することによって

$$\begin{aligned} x_2 &= T_{21}x_1 + T_{27}x_7 \\ &= \frac{ba(1 - fg - hk)x_1 - bec(1 - hk)x_7}{1 - (de + fg + hk) + (dehk)} \end{aligned}$$

#### 4. loop が存在しないための十分条件

いま(1)の係数に特別な関係があって, loop gain がすべて存在しない場合を考えてみると, (5)は非常に簡単になって

$$T_{hs} = \Sigma_1 p(ks) \quad (7)$$

となる. いま(1)の係数から作られる行列が三角行列であったものとしよう. node  $x_{r_1}, x_{r_2}, \dots, x_{r_l}$  をこの順序で通る loop の loop gain は図1に関する注意から  $t_{r_1 r_2} t_{r_2 r_3} \dots t_{r_l r_1}$

となる. ところが与えられた行列が三角行列ならば,  $r_{i+1} > r_i$ , (もしくは  $r_{i+1} < r_i$ ) するとき常に

$$t_{r_i r_{i+1}} = 0 \quad (9)$$

が成立する. ところが(8)がloopを構成するためには, (8)の各因数を  $t_{r_i r_j}$  と書くものとすれば, (8)は  $r_i > r_j$  および  $r_i < r_j$  なる因数の組によって成立っていなければならない. ところが(1)の係数によって作られる行列が三角行列ならば(9)が成立っているのでこれらの因数のどちらかの組は零となり, (8)は常に零となる.

すなわち与えられた行列が三角行列ならばCFGにはloopが1個も存在しない.

しかし, loopが存在しないSFGは必ずしも三角

行列の表現ではないことに注意すべきである。

本節の重要な例として一次変換の積を求める問題がある。

例  $(Z)=(A)(Y)$ ,  $(Y)=(B)(X)$ ,  $(X)=(C)(U)$  より  $(Z)=(A)(B)(C)(U)$  を求めることを問題にする。

これを整理すると,  $(0)$ ,  $(E)$  をそれぞれ零行列, 単位行列として

$$\begin{pmatrix} (E) & -(A) & (0) \\ (0) & (E) & -(B) \\ (0) & (0) & (E) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} (Z) \\ (Y) \\ (X) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (0) \\ (0) \\ (C)(U) \end{pmatrix} \quad (10)$$

となり, 必ず三角行列に帰着することができる。積を求めるべき Matrix がなん個あっても同様な処理が可能である。いま  $(D)=(A)(B)(C)$  とすれば

$$(A) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, (B) = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix},$$

$$(C) = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{pmatrix}$$

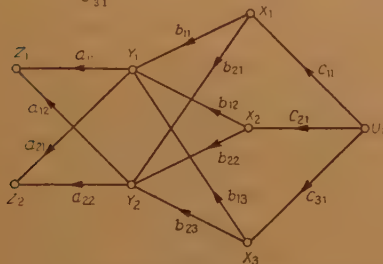


図 4 一次変換の積を求めるための Circle-Flow-Graph

Fig.4—Circle-Flow-Graph for calculating product of linear transformations.

より図 4 が得られるが, これより  $(D)$  の各要素は

$$d_{11} = c_{11}(a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21}) + c_{21}(a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22}) + c_{31}(a_{11}b_{13} + a_{12}b_{23})$$

$$d_{21} = c_{11}(a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21}) + c_{21}(a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22}) + c_{31}(a_{21}b_{13} + a_{22}b_{23})$$

となる。

## 5. Topological Signal Table

CFG によって実際の解析を行なう場合, 方程式の数が増えると, 主対角要素を選び出すことはやや手数のかかる仕事になる。そのため図 5 に示すような図表を考案した。これを Topological Signal Table (T-S Table) と命名した。

| 式 No. | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $f_1$ | $f_2$ | $f_3$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (i)   | ○     | ○     |       |       | ○     |       |       |
| (ii)  |       | ○     | ○     |       |       |       |       |
| (iii) | ○     |       | ○     |       | ○     |       | ○     |
| (iv)  |       |       |       | ○     |       | ○     |       |

図 5 Topological Signal Table.

左端の欄は式の番号, 中央は未知量 (独立変数), 右側の欄は既知量 (従属変数) を示す。

たとえば与えられた連立線形方程式を

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_{11}f_1 & (i) \\ a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = 0 & (ii) \\ a_{34}x_4 = b_{32}f_2 & (iii) \\ a_{41}x_1 + a_{43}x_3 = b_{41}f_1 + b_{43}f_3 & (iv) \end{cases}$$

とし,  $x_1, x_2, x_3, x_4$  を  $f_1, f_2, f_3$  によって表示することを問題とする。ここで (i) は変数  $x_1, x_2, f_1$  を結合するのであるから図 5 に示すように式 (i) の欄の  $x_1$ ,

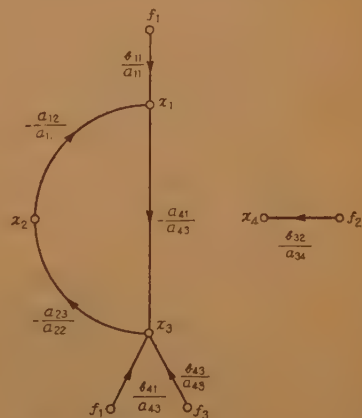


図 6 例題式 ((i)~(iv)) のための Circle-Flow-Graph

Fig.6—Circle-Flow-Graph for the example (formulas (i)~(iv)).

$x_2, f_1$  の欄に丸印を記入しこれらを線分で結合する。他の式についても同様な処理を行ない, 中央欄の主対角線の欄が必ず丸印で埋められるよう左端の欄に式の番号を記入すればよい。このとき各式の

図 5 の主対角線上の変数を (i), (ii), (iii), (iv) の主対角要素として選ぶことができる。故に各式を CFG によって表示すると図 6 を得る。これより  $x_1, x_2, x_3, x_4$  をただちに求めることができる。たとえば  $x_1$  について求めると

$$x_1 =$$

$$\frac{f_1 \left( \frac{b_{11}}{a_{11}} \right) + \left( f_1 \frac{b_{41}}{a_{43}} - f_3 \frac{b_{43}}{a_{43}} \right) \left( -\frac{a_{12}}{a_{11}} \right) \left( -\frac{a_{23}}{a_{22}} \right)}{1 - \left( -\frac{a_{12}}{a_{11}} \right) \left( -\frac{a_{23}}{a_{22}} \right) \left( -\frac{a_{41}}{a_{43}} \right)} = \frac{f_1 a_{22} a_{43} b_{11} + (f_1 b_{41} + f_3 b_{43}) (a_{12} a_{23})}{a_{11} a_{22} a_{43} + a_{12} a_{23} a_{41}}$$



となる。

## 6. 結 言

与えられた連立線形方程式の主対角要素に着目することによって SFG による解析に標準的な一方法を与えることができた。そのために SFG を行列式や Matrix のように線形系の解析に手軽に用いることができるようになった。

なお CFG は SFG としての性質はすべて持っているものであるから、Mason 氏によって与えられた等価変換の方法<sup>(1),(2)</sup>、その他の定理はすべて適用できることを付け加えておく。

### 文 献

- (1) S.J. Mason: "Feedback theory; some properties of Signal-Flow-Graphs", IRE., 41, (Sept. 1953).
- (2) S.J. Mason: "Feedback theory; further properties of Signal-Flow-Graphs", IRE., 44, (July 1956).
- (3) 平山, 野村: "線形回路網の位相幾何学的考察", 信学誌, 41, p 156, (1958-02).
- (4) 川上・佐川: "Signal-Flow-Graph を用いる連立線形方程式の解析", 回路網理論専委資料 (1959-04).
- (5) C.L. Coates: "Flow-graph solution of linear algebraic equations", Trans. IRE. CT-6, (June 1959).

### 付録 定理の証明および CFG の構造について

まず定理の証明を行なう。いま、与えられた連立線形方程式を (1) とし、係数変換 (3) を施して (4) が得られたものとしよう。(4) に Cramer の方法を適用することにより  $x_k$  はつぎのように解くことができる。

$$x_k = \Delta_k / \Delta \quad (11)$$

ここで  $\Delta$  は (4) の左辺の係数によって作られる行列式であり、 $\Delta_k$  は  $\Delta$  の第  $k$  列を (4) の右辺で置き換えた行列式である。このとき (11) が (6) に一致することがつぎのように証明することができる。まず  $\Delta$  の展開を行なう。行列式の定義から展開式 (12) を得る。

$$\Delta = \sum_{p_1, p_2, \dots, p_n} \text{sgn} \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix} (-t_{1p_1}) (-t_{2p_2}) \dots (-t_{np_n}) \quad (12)$$

ただし  $-t_{jj} = 1$  とする。

ここで  $(p_1, p_2, \dots, p_n)$  は  $(1, 2, \dots, n)$  から作られた 1 つの順列を示し、 $\begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix}$  は  $1 \rightarrow p_1, 2 \rightarrow p_2, \dots, n \rightarrow p_n$  なる置換を表わすもので  $\Sigma$  は  $n!$  個のすべ

ての順列にわたる。

ここで置換についてよく知られている定理を引用する。

定理 (a) 置換は有限個の循環置換の積に分解することができ、どの 2 つの循環置換にも共通な要素が表われないようにすることができる。

定理 (b) 循環置換の要素が  $k$  個ならばその循環置換は  $(k-1)$  個の互換の積に分解される。

定理 (c) 置換が  $m$  個の互換に分解されるとき、 $m$  の奇偶によって奇置換、もしくは偶置換と呼ばれ、1 つの置換は奇置換、偶置換のどちらか一方である。

また (12) において

$$\text{sgn} \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix} = \begin{cases} +1 \dots \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix} \text{が偶置換のとき} \\ -1 \dots \dots \dots \text{奇置換のとき} \end{cases} \quad (13)$$

と定義されているから、 $\Delta$  は置換  $\begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix}$  のみによって各項の形が定められる。定理 (a) により置換を分解すると (13) はつぎのように書くことができる。恒等置換は偶置換として取扱ひ得ることに注意して定理 (b) を用いると、

$$\begin{aligned} \text{sgn} \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix} &= \text{sgn} \begin{pmatrix} c_1 & \dots & c_t \\ c_1 & \dots & c_t \end{pmatrix} \\ &\quad \underbrace{\begin{pmatrix} r_1 & r_2 & \dots & r_{i_1} \\ r_2 & \dots & r_1 \end{pmatrix} \dots \begin{pmatrix} u_1 & u_2 & \dots & u_{i_m} \\ u_2 & \dots & u_1 \end{pmatrix}}_{\substack{\text{要素数 } i_1 \quad \text{要素数 } i_m \\ m \text{ 組の循環置換}}} \\ &= \text{sgn} \begin{pmatrix} r_1 & r_2 & \dots & r_{i_1} \\ r_2 & \dots & r_1 \end{pmatrix} \dots \begin{pmatrix} u_1 & u_2 & \dots & u_{i_m} \\ u_2 & \dots & u_1 \end{pmatrix} \\ &= (-1)^{i_{i_1}-m} = (-1)^{n-t-m} \quad (14) \end{aligned}$$

循環置換は主対角項に対応していることおよび (12) の注意を参照すると (12) は (14) を用いて

$$\begin{aligned} \Delta &= \sum_{p_1, p_2, \dots, p_n} (-1)^n \cdot (-1)^{n-t-m} \cdot (-1)^t \\ &\quad (t_{r_1 r_2} t_{r_2 r_3} \dots t_{r_{i_1} r_1}) \dots (t_{u_1 u_2} t_{u_2 u_3} \dots t_{u_{i_m} u_1}) \\ &\quad \sum_{p_1, p_2, \dots, p_n} (-1)^m \\ &\quad (t_{r_1 r_2} t_{r_2 r_3} \dots t_{r_{i_1} r_1}) \dots (t_{u_1 u_2} t_{u_2 u_3} \dots t_{u_{i_m} u_1}) \quad (15) \\ &\quad \underbrace{\hspace{10em}}_{m \text{ 組の循環置換に対応する因数}} \end{aligned}$$

となる。(15) において 1 組の循環置換に対応する因数は  $t$  の添字が循環するので、 $t$  の添字によって決められる node を通る loop の loop gain に一致する。定理 (a) からこれらの loop は node を共有するこ

とはない。また展開式 (15) の各項の符号は loop の数のみによって決定され、 $\Sigma$  は  $n!$  のすべての順列にわたるのであるから  $\Delta$  は (5) の分母に一致する。特に  $p_1=1, p_2=2, \dots, p_n=n$  なるとき (15) は 1 なる項を与える。したがって (5) の  $\Sigma_s$  は高々  $(n-1)$  個の場合について行なえばよい。

つぎに  $\Delta_k$  の展開について考察する。

$$\Delta_k = \begin{vmatrix} & & & k & & \\ & & & & & \\ 1 & -t_{12} & -t_{13} \cdots t_{11} f_1 \cdots & -t_{1n} & & \\ -t_{21} & 1 & -t_{23} \cdots t_{22} f_2 \cdots & -t_{2n} & & \\ -t_{31} & -t_{32} & 1 & \cdots t_{33} f_3 \cdots & -t_{3n} & \\ & & & \cdots & & \\ & & & & & \\ -t_{n1} & -t_{n2} & \cdots t_{nn} f_n \cdots & 1 & & \end{vmatrix} \quad (16)$$

$\Delta_k$  を第  $k$  列について展開する。これを 2 つに分けて考えよう。

### (i) $t_{kk}f_k$ を含む項

再び置換を用いる。 $k$  行  $k$  列の要素を含むのであるから (14) のうち置換  $\begin{pmatrix} k \\ k \end{pmatrix}$  を含むもののみを考察すればよい。これは  $t_{kk}f_k$  に余因数  $A_{kk}$  を乗じたものである。

$$\begin{aligned} \operatorname{sgn} \begin{pmatrix} 1 & 2 \cdots k \cdots n \\ p_1 & p_2 \cdots k \cdots p_n \end{pmatrix} &= \operatorname{sgn} \begin{pmatrix} kc_1 \cdots c_l \\ kc_2 \cdots c_l \end{pmatrix} \\ &\quad \underbrace{\begin{pmatrix} r_1 r_2 \cdots r_{i_1} \\ r_2 \cdots r_1 \end{pmatrix} \cdots \begin{pmatrix} u_1 u_2 \cdots u_{i_l} \\ u_2 \cdots u_1 \end{pmatrix}}_{\substack{\text{要素組 } i_1 \cdots \text{要素組 } i_l \\ l \text{ 組}}} = (-1)^{n-t-l} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \therefore t_{kk}f_k A_{kk} &= t_{kk}f_k \sum_{(n-1)!} (-1)^{n-1} \cdot (-1)^{n-t-l} \cdot \\ &\quad (-1)^{t-1} (t_{r_1 r_2} \cdots t_{r_{l_1} r_1}) \cdots (t_{u_1 u_2} \cdots t_{u_{l_l} u_1}) \\ &= t_{kk}f_k \sum_{(n-1)!} (-1)^l \\ &\quad \underbrace{(t_{r_1 r_2} \cdots t_{r_{l_1} r_1}) \cdots (t_{u_1 u_2} \cdots t_{u_{l_l} u_1})}_{l \text{ 組の循環置換に対応する因数}} \end{aligned} \quad (18)$$

$\Sigma$  は  $(1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, n)$  から作られる  $(n-1)!$  通りのすべての順列にわたる。定理 (a) より添字  $k$  は  $l$  組の循環置換の中に表われないから、(18) は node  $f_k$  から node  $x_k$  に至る path gain  $(t_{kk})$ , node  $x_k$  を通らず、かつ互いに node を共有しない  $l$  組の loop の loop gain の積を示している。また各項の符号は loop の数のみで決まる。特に (18) の  $\Sigma$  から作られる項のうち  $p_1=1, p_2=2, \dots, p_n=n$  のときは 1 となるから、(5) の  $\Sigma_1$  は 1 個の場合しかなく、 $\Sigma_2$  は  $\{(n-1)!-1\}$  個の場合について行なえばよい。

い。

### (ii) $t_{ss}f_s$ を含む項 ( $k \neq s$ )

ここでは置換  $\begin{pmatrix} s \\ k \end{pmatrix}$  を含むもののみを考察すればよい。これは  $t_{ss}f_s$  に余因数  $A_{sk}$  を乗じたものである。

$$\begin{aligned} \operatorname{sgn} \begin{pmatrix} 1 & 2 \cdots s \cdots n \\ p_1 & p_2 \cdots k \cdots p_n \end{pmatrix} &= \operatorname{sgn} \begin{pmatrix} c_1 \cdots c_t \\ c_1 \cdots c_t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_1 \cdots r_{i_1} \\ r_2 \cdots r_1 \end{pmatrix} \\ &\quad \cdots \begin{pmatrix} s_1 \cdots s_k \cdots s_{i_s} \\ s_2 \cdots s_k \cdots s_1 \end{pmatrix} \cdots \begin{pmatrix} u_1 \cdots u_{i_l} \\ u_2 \cdots u_1 \end{pmatrix} \\ &= \operatorname{sgn} \begin{pmatrix} r_1 \cdots r_{i_1} \\ r_2 \cdots r_1 \end{pmatrix} \cdots \begin{pmatrix} u_1 \cdots u_{i_l} \\ u_2 \cdots u_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k \cdots s_{s-1} \\ s_{k+1} \cdots s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s \\ k \end{pmatrix} \\ &\quad \underbrace{l \text{ 組}} \\ &= (-1)^{(n-t)-(l+1)} \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \therefore t_{ss}f_s A_{sk} &= \sum_{(n-1)!} (-1)^{n-1} \cdot (-1)^{(n-t)-(l+1)} \\ &\quad \cdot (-1)^t (t_{k \cdots s_{k+1}} \cdots t_{s_{s-1} s}) \cdot t_{ss}f_s \\ &\quad \cdot (t_{r_1 r_2} \cdots t_{r_{l_1} r_1}) \cdots (t_{u_1 u_2} \cdots t_{u_{l_l} u_1}) \\ &= \sum_{(n-1)!} (-1)^t (t_{k \cdots s_{k+1}} \cdots t_{s_{s-1} s}) t_{ss}f_s \cdot \\ &\quad \text{node } f_s \text{ より node } x_k \text{ に至る} \\ &\quad \text{path の gain} \\ &\quad \cdot (t_{r_1 r_2} \cdots t_{r_{l_1} r_1}) \cdots (t_{u_1 u_2} \cdots t_{u_{l_l} u_1}) \quad (20) \\ &\quad \underbrace{l \text{ 組の loop の loop gain の積}} \end{aligned}$$

$\Sigma$  は  $\begin{pmatrix} 1 & 2 \cdots s-1 & s+1 \cdots n \\ p_1 & p_2 \cdots p_{s-1} & p_{s+1} \cdots p_n \end{pmatrix}$  なる置換のすべてにわたる。ただし  $(p_1 \cdots p_n)$  は  $(12 \cdots k-1, k+1 \cdots n)$  より作られる  $(n-1)!$  通りの順列の 1 つを表わす。定理 (a) を参照すれば、(20) は node  $f_s$  より node  $x_k$  に至る path の gain, その path とどの node も共有しないであつ互いにも node を共有しないような  $l$  個の loop の loop gain の積, および  $f_s$  の積を可能なすべての場合について和をとることを示す。なお各項の符号は loop の数のみで決まる。ここで (19) における置換

$$\begin{pmatrix} k & \cdots s_{s-1} \\ s_{k+1} & \cdots s \end{pmatrix} \quad (21)$$

について調べる。 $k \neq s$  なる条件より (21) において  $k, s$  以外の要素の数は零から  $(n-2)$  までの値を取り得る。ところが node  $f_s$  より node  $x_k$  に至るすべての path は (21) のすべての場合を尽くすことによつて数え上げられるのであるから  $\Sigma_1$  については高々、

$$0! + 1! + \cdots + (n-2)! = \sum_{r=0}^{(n-2)} r! \quad (22)$$

の場合について行なえばよいことがわかる。つぎに

表 1

| n | 単 独 loop                       |                                |                                |                                |                                | 複 合 loop                       |   |   |                                |                                | 計   |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|---|--------------------------------|--------------------------------|-----|
|   | $\alpha_1=n-2$<br>$\alpha_2=1$ | $\alpha_1=n-3$<br>$\alpha_3=1$ | $\alpha_1=n-4$<br>$\alpha_4=1$ | $\alpha_1=n-5$<br>$\alpha_5=1$ | $\alpha_1=n-6$<br>$\alpha_6=1$ | $\alpha_1=n-4$<br>$\alpha_2=2$ | $\alpha_1=n-5$<br>$\alpha_2=\alpha_3=1$ | $\alpha_1=n-6$<br>$\alpha_2=\alpha_4=1$ | $\alpha_1=n-6$<br>$\alpha_3=6$ | $\alpha_1=n-6$<br>$\alpha_5=3$ |     |
| 2 | 1                              |                                |                                |                                |                                |                                |   |   |                                |                                | 1   |
| 3 | 3                              | 2                              |                                |                                |                                |                                |   |   |                                |                                | 5   |
| 4 | 6                              | 8                              | 6                              |                                |                                | 3                              |   |   |                                |                                | 23  |
| 5 | 10                             | 20                             | 30                             | 24                             |                                | 15                             | 20                                      |   |                                |                                | 119 |
| 6 | 15                             | 40                             | 90                             | 144                            | 120                            | 45                             | 120                                     | 90                                      | 40                             | 15                             | 719 |

(21) を固定して

$$\left( r_1, \dots, r_{i1} \right) \dots \left( u_1, \dots, u_{i1} \right) \quad (23)$$

の可能なすべての場合を求めよう。(22) の  $r$  を用いると node  $f_s$  より node  $x_k$  に至る path が占有する node は  $n$  個の node  $x_1, x_2, \dots, x_n$  のうちの  $(r+2)$  個であるから、 $\Sigma_r$  については高々

$$(n-r-2)!-1 \quad (24)$$

の場合について行なえばよい。

以上の考察によって (18), (20) の右辺から  $f_k, f_s$  を除いたものは (5) の分子と一致することがわかった。特に (18) は  $k=s$  の場合、(20) は  $k \neq s$  の場合を表わす式である。(15) についての考察を合わせて証明が終わる。

つぎに CFG の構造について調べる。以上の考察に

よって 1 個の loop は 1 個の循環置換に対応していることが明らかになったので、本論文の定理 (5) における  $L^{(m)}$  の構成を調べることができる。すなわち  $L^{(m)}$  は  $n$  次対称群から恒等置換を除いたものに 1 対 1 の対応がつく。

いま  $L^{(m)}$  が node を共有しない 2 点 loop, 3 点 loop, ...,  $n$  点 loop がそれぞれ  $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$  個より成りたっており、このとき loop に属さない node の数を  $\alpha_1$  とすれば  $\alpha_1 + 2\alpha_2 + \dots + n\alpha_n = n$ , なる関係がある。このような  $L^{(m)}$  の数は

$$\frac{n!}{\alpha_1! \alpha_2! 2^{\alpha_2} \alpha_3! 3^{\alpha_3} \dots \alpha_n! n^{\alpha_n}} \quad (28)$$

によって与えられる。 $n=6$  までの計算例を表 1 に示す。

(昭和 35 年 3 月 2 日受付)

UDC 621.317.332  
621.372.54:537.228.1

## 電気機械ろ波器の定数測定法\*

正 員 尾 上 守 夫

(東京大学生産技術研究所)

**要約** 電気機械ろ波器の解析、設計のもっとも有力な手段が機械系の電気的類推による等価回路であることは言をまたない。しかし等価回路を構成する各素子の定数をろ波器として組立てたままの状態では測ることおよび電気的に調整することはこれまで行なわれていなかった。もし両端の変換子のみならず各共振子も電気機械変換が可能な材料および構造にして電気的端子を設ければ、定数の測定も、また必要ならば電気的調整も可能になる。このような新しい形の電気機械ろ波器を提案し、とくに各共振子がスチフネスで結合された形のろ波器について定数測定法を与えた。これは 2 区間形の駆動インピーダンスの共振点に着目する方法で測定容易であり、かつ共振抵抗の大小のみで各区間の固有共振周波数の高低が判別できる利点がある。この測定法がクランプを通じて多区間形に拡張できることも明らかにした。200 kc 水晶 CT 板を用いた組立形および 450 kc 水晶 +5°X 板を用いた切出形のろ波器における測定は理論とよく一致した。

### 1. 序 言

電気機械ろ波器についてはすでに多くの報告がある<sup>(1)</sup>。その解析、設計のもっとも有力な手段が機械系

の電気的類推による等価回路であることは言をまたないであろう。この等価回路を構成する素子の定数は材料の定数と機械的寸法とでできるが、厳密な計算はなかなか困難であって、実際に測ってみることが望まし

\* A Method for Measuring Equivalent Circuit Constants of Electromechanical Filters. By MORIO ONOE, Member (Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Chiba). [論文番号 3237]

この論文は電気音響研専委 (1960-2-5) において発表した。



い、とくに最近の精密なる波器理論を電気機械ろ波器で十分に活用するためには、このような実測に基づく設計資料を丹念につみあげていくことが必要であろう。

ひるがえって電気機械ろ波器の製作法について考えてみると各区分を別個に加工した上で機械的接着によって組立ててゆく“組立形”と、全体を1個の材料から一挙に切出してしまふ“切出形”とに大別することができる。切出形でははじめから各区分が正確にできているかという問題があるし、組立形でも接着の影響いかんという問題がある。いずれにしてもでき上がった状態で各区分の定数を測ることおよびそれを設計値に調整することが電気機械ろ波器の特性および歩留りを向上させる上に重要であると思われる。調整も現在は機械的になっているが、これは非連続的かつ非可逆的であるから電気的方法が考えられれば便利であろう。

電気機械ろ波器において変換子のみならず共振子（もしくは結合子）も電気機械変換が可能な材料および構造にして電気的端子を設ければ、各区分の定数を測定することが可能になり、また電気機械結合度が大きければ必要に応じて電気的調整を行なうことも可能になる。高周波でも使え、結合度も大きい電気機械変換としては圧電形、磁わい形等が考えられるが、損失の少ない点および各区分を励振する場合でも構造が簡単な点で圧電形が有利である。

変換子のみならず共振子にも圧電材料を使つたろ波器としてはチタバリを使つたもの<sup>(2)</sup>、水晶を使つたもの<sup>(3)</sup>等があるが、いずれも切出形としての製造上の利点に重きがあって、上記のように各区分に電気的端子を設け得ることには着目していない。組立形で共振子にも圧電材料を使つたろ波器はまだないようである。

筆者は上記の新しい観点から組立形、切出形双方のものについて検討を進めているが、こゝではまず各区分がスチフネスで結合された形式のろ波器の定数測定法について御報告申上げる。

## 2. 2区分形の定数測定法

### 2.1 等価回路

まず図1(a)のように2個の共振子がスチフネスで結合された2区分形について考察する。これはろ波器としては簡単にすぎるが設計資料を集めるにはこれで十分である。また後述のようにクランプの方法の評価にも使えるし、多区分形の測定の基礎にもなっている。さらに組立形の場合、調整の比較的容易な2区分

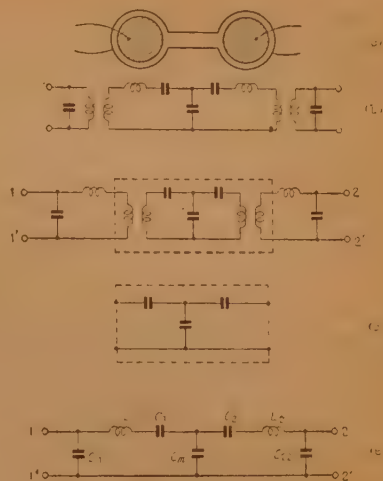


図1 2区分形の等価回路  
Fig.1—Equivalent circuit for a two section electromechanical filter.

形を構成単位にすることも考えられる。

電気的類推による等価回路は同図(b)のごとくなる。こゝで注意を要するのは電気的特性に関する限りは変成器を省くことができることである。すなわちインダクタンスを同図(c)のように両側に出した場合、中央の点線でかこつた部分は同図(d)のように変成器を含まない容量のみのT形回路に置換することができる。(この変換の数学的記述は3.で一般的に扱う)したがって当面の課題は同図(e)のような等価回路の各素子の値を求める方法いかんということである。それにはまず図示のごとく記号を定めてこの回路のインピーダンス特性を求めておかねばならない。

2-2' 端子を短絡して 1-1' 端子からみた駆動インピーダンスは2個の共振点を有し、その角周波数は次の根として与えられる。

$$\omega^4 - (\omega_1'^2 + \omega_2'^2)\omega^2 + (1 - k^2)\omega_1'^2\omega_2'^2 = 0 \quad (1)$$

こゝに

$$\left. \begin{aligned} \omega_1' &= (L_1 C_1')^{-1/2} \\ \omega_2' &= (L_2 C_2')^{-1/2} \\ k &= (C_1' C_2')^{1/2} / C_m \\ C_1' &= C_1 C_m / (C_1 + C_m) \\ C_2' &= C_2 C_m / (C_2 + C_m) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

逆に 1-1' 端子を短絡して 2-2' 端子からみた駆動インピーダンスの共振点、さらに短絡伝達インピーダンスの共振点も上記共振点と一致する。

つぎに 2-2' 端子を開放した際 1-1' 端子からみた

駆動インピーダンスを考える。この開放駆動インピーダンスは実は  $C_2$  の代わりに  $C_2$  と  $C_{22}$  との直列接続が入った回路の短絡駆動インピーダンスに他ならない。したがって式 (1) において  $\omega_2', k$  の代わりにそれぞれ次式で与えられる  $\omega_2'', k_2$  を使用すればその共振点が求まる。

$$\left. \begin{aligned} \omega_2'' &= \eta_2 \omega_2' \\ k_2 &= k / \eta_2 \\ \eta_2^2 &= 1 + (C_2' / C_{22}) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

同様に 2-2' 端子からみた開放駆動インピーダンスの共振点は式 (1) において  $\omega_1', k$  の代わりに次式で与えられる  $\omega_1'', k_1$  を使って求まる。

$$\left. \begin{aligned} \omega_1'' &= \eta_1 \omega_1' \\ k_1 &= k / \eta_1 \\ \eta_1^2 &= 1 + (C_1' / C_{11}) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

なおこの駆動インピーダンスは2個の圧電振動子を直列もしくは並列にしたインピーダンスと同じ形式であるから、このような素子を二端子として使用することも考えられる。しかしこのような二端子の容量比  $p$  を拡張された定義にしたがって計算し<sup>(4)</sup>、単独の共振子の容量比  $p_0$  と比較してみると、

$$p/p_0 = (1+k)(1-k^2) > 1 \quad (5)$$

となって、容量比は増大すなわち悪化しているから、ろ波器用素子としてはあまり利点がない。

## 2.2 定数測定法

両端の並列容量  $C_{11}, C_{22}$  は共振点から十分はなれた周波数で通常の容量測定法を適用すればよい。その他の定数を求めるのはいろいろな方法が考えられるが、前節に論じた駆動インピーダンスの共振点から求めるのがもっとも精度が高いようである。すなわち 1-1' 端子の短絡インピーダンスの共振周波数を  $f_a, f_b$  とし、開放インピーダンスのそれを  $f_c, f_d$  とすれば式 (1)~(3) からつぎの関係を得る。

$$\left. \begin{aligned} f_1' &= \frac{f_a^2 f_b^2 - f_c^2 f_d^2}{f_a^2 + f_b^2 - f_c^2 - f_d^2} \\ f_2' &= f_a^2 + f_b^2 - f_1'^2 \\ k^2 &= 1 - \frac{f_a^2 f_b^2}{f_1'^2 f_2'^2} \\ \eta_2^2 &= 1 - \frac{f_a^2 + f_b^2 - f_c^2 - f_d^2}{f_2'^2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

同様の測定を 2-2' 端子から行なえば  $f_a, f_b, f_1', f_2', k$  の独立測定値が得られて測定精度の検討ができる

共に  $\eta_1$  が求まる。ただしこの場合、式 (6) において  $f_1', f_2'$  は交換しなければならない。以上の測定値と  $C_{11}, C_{22}$  とを組み合わせれば全ての定数が求まる。

共振点の測定は水晶などの圧電振動子の測定法に準じて行なえばよい。

式 (6) の計算はこのまゝの形では取扱う桁数が大きくなりすぎるので、つぎの形に直して行なうのがよい。まず測定値を  $f_a$  で規格化する。

$$f_b = f_a(1+b), \quad f_c = f_a(1+c), \quad f_d = f_a(1+d) \quad \text{そうすれば}$$

$$\left. \begin{aligned} f_1' &= f_a \left( 1 + \frac{X}{2} - \frac{X^2}{8} \right) \\ f_2' &= f_a \left( 1 + \frac{Y}{2} - \frac{Y^2}{8} \right) \\ k^2 &= \frac{XY}{1+B+XY} \\ \eta_2^2 &= 1 + \frac{C+D-B}{1-Y} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

こゝに

$$B = b(2+b), \quad C = c(2+c), \quad D = d(2+d)$$

$$X = \frac{CD}{C+D-B}, \quad Y = B-X$$

## 2.3 共振抵抗

実在の共振子は必ず機械的損失を伴うので、厳密には等価回路に図2のように抵抗が入ってくる。1-1' 端



図2 損失を考慮した等価回路  
Fig.2—Equivalent circuit for a filter with mechanical loss.

子からみた短絡駆動インピーダンスの共振点における抵抗  $R_{11}$  は次式で求まる。ただし  $C_{11}$  のインピーダンスは十分大きいから無視した。

$$R_{11} = R_1 + \frac{R_2}{\left( \frac{\omega_1'^2 - \omega^2}{\omega_1'^2} \right)^2 + \left( \frac{\omega}{\omega_1'} \right)^2 \frac{1}{Q_2^2}} \left( \frac{C_2'}{C_m} \right)^2 \quad (8)$$

こゝに

$$Q_2 = \frac{\omega_2' L_2}{R_2}$$

普通分母の第2項は第1項に比して無視できるから、

$$R_{11} = R_1 + R_2 \left( \frac{C_2'}{C_m} \right)^2 \left[ \frac{\omega_2'^2}{\omega_2'^2 - \omega^2} \right]^2 \quad (9)$$

共振角周波数  $\omega$  は式 (1) から求まる。下側の共振点の抵抗を  $R_{11}$ 、上側のそれを  $\bar{R}_{11}$  とすれば式 (7) から

$$\left. \begin{aligned} \underline{R_{11}} &= R_1 + R_2 \left( \frac{C_2'}{C_m} \right)^2 \left( \frac{1+Y}{Y} \right)^2 \\ \overline{R_{11}} &= R_1 - R_2 \left( \frac{C_2'}{C_m} \right)^2 \left( \frac{1+Y}{X} \right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

2-2' 端子からみた共振抵抗  $\underline{R_{22}}, \overline{R_{22}}$  についても同様の式を導き得る。これらの式により共振抵抗の測定値から  $R_1, R_2$  を算出できるが、その精度はよくない。これは  $f_1', f_2'$  が等しい場合 ( $X=Y$  に相当する) は (10) の両式は一つの式に縮退してしまつて  $R_1, R_2$  を分離できないことから明らかであろう。このような場合でも開放駆動インピーダンスの共振抵抗値を併用すれば分離は可能である。しかしながら共振抵抗を測定する実用上の最大の意義は表 1 に示すようにその大小が各区間の固有共振周波数  $f_1', f_2'$  の大小と一義的に対応しているので、他の測定をまたないで両周波数の一致の判定もしくは調整が行なえる点にある。

表 1 共振抵抗と固有共振周波数との関係

| 測定端子 | $f_1' > f_2'$                            | $f_1' = f_2'$                            | $f_1' < f_2'$                            |
|------|--|--|--|
| 1-1' | $\underline{R_{11}} > \overline{R_{11}}$ | $\underline{R_{11}} = \overline{R_{11}}$ | $\underline{R_{11}} < \overline{R_{11}}$ |
| 2-2' | $\underline{R_{22}} < \overline{R_{22}}$ | $\underline{R_{22}} = \overline{R_{22}}$ | $\underline{R_{22}} > \overline{R_{22}}$ |

つぎに短絡伝達インピーダンスの共振抵抗  $R_{12}$  は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \underline{R_{12}} &= R_1 \frac{C_m}{C_2'} \frac{Y}{1+Y} + R_2 \frac{C_m}{C_1'} \frac{X}{1+X} \\ -\overline{R_{12}} &= R_1 \frac{C_m}{C_2'} \frac{X}{1+Y} + R_2 \frac{C_m}{C_1'} \frac{Y}{1+X} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

表 2 200 kc 組立形ろ波器測定例

| 測定端子                          | 1-1'                   | 2-2'                   |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| $f_a$ (c/s)                   | 198,974                | 198,974                |
| $f_b$                         | 199,656                | 199,656                |
| $f_c$                         | 199,085                | 199,065                |
| $f_d$                         | 199,790                | 199,811                |
| $\underline{R}$ (k $\Omega$ ) | 2.27                   | 1.89                   |
| $\overline{R}$                | 1.80                   | 2.37                   |
| $f_1'$ (c/s)                  | 199,343                | 199,347                |
| $f_2'$                        | 199,287                | 199,283                |
| $\kappa$                      | $3,410 \times 10^{-8}$ | $3,406 \times 10^{-8}$ |
| $\eta_1^2-1$                  | —                      | $2,470 \times 10^{-8}$ |
| $\eta_2^2-1$                  | $2,460 \times 10^{-8}$ | —                      |
| $R_1$ (k $\Omega$ )           | 0.71                   | 0.76                   |
| $R_2$                         | 1.41                   | 1.25                   |

第 2 式の負号は単に短絡出力電流の位相が反転していることを示すにすぎない。この場合でも  $f_1' = f_2'$  ならば  $|\underline{R_{12}}| = |\overline{R_{12}}|$  であるが、その逆は必ずしも成立しない。また表 1 のような一義的対応は存在しないから

調整に利用することは危険である。

## 2.4 測定例

表 2 は 200 kc 水晶 CT 板を燐青銅線で結合した組立形のろ波器を測定した例である。1-1' 端子からの測定値と 2-2' 端子からの測定値を並記してあるが、各々から独立に求めた  $f_1', f_2', \kappa$  はよく一致している。図 3 は  $C_1', C_2'$  の測定精度をあげるために反対側の端子を開放する代わりに既知の容量を付加して ( $C_{22}, C_{11}$  の値を変えたことに相当する) 表 2 と同様の測定を行なったものである。( $\eta^2-1$ )<sup>-1</sup> と外部付加容量との関係は理論から予想されるようによく直線になっている。この傾斜の逆数が  $C_1'$  もしくは  $C_2'$  を与えるから表の値と組合わしてつぎのようにすべての定数値が求まる。

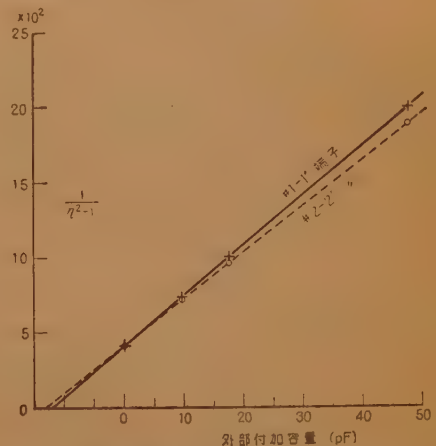


図 3 外部付加容量と  $(\eta^2-1)^{-1}$  との関係 (傾斜:  $1/C_1'$  または  $1/C_2'$ , 横軸との交点:  $C_{11}$  または  $C_{22}$ )  
Fig. 3—Plots of  $(\eta^2-1)^{-1}$  vs. capacitance values added to the opposite terminal. (Tangent:  $1/C_1'$  or  $1/C_2'$ , Horizontal intersection:  $C_{11}$  or  $C_{22}$ ).

$$L_1 = 20.2 \text{ H,}$$

$$C_1 = 3.18 \times 10^{-2} \text{ pF}$$

$$L_2 = 21.8 \text{ H,}$$

$$C_2 = 2.94 \times 10^{-2} \text{ pF}$$

$$C_{11} = 13 \text{ pF,}$$

$$C_{22} = 12 \text{ pF}$$

$$C_m = 8.93 \text{ pF}$$

共振抵抗の測定値も表 2 に示した。明らかに表 1 の対応が成立している。両側から独立に算出した  $R_1, R_2$  の値も比較してあるが、この一致がやゝ悪い理由は前節に明らかにした。

表 3 は 450 kc 水晶 +5°X 板からの切出形ろ波器



表 3 450 kc 切出形ろ波器測定例

| 測定端子              | 1-1'                   | 2-2'                   |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| $f_a(\text{c/s})$ | 450,100                | 450,100                |
| $f_c$             | 454,650                | 454,650                |
| $f_e$             | 450,980                | 450,380                |
| $f_d$             | 455,050                | 455,720                |
| $f_1'$            | 453,498                | 453,497                |
| $f_2'$            | 451,260                | 451,261                |
| $k$               | $8,757 \times 10^{-8}$ | $8,760 \times 10^{-8}$ |
| $\eta_1^2-1$      | —                      | $5,962 \times 10^{-8}$ |
| $\eta_2^2-1$      | $5,682 \times 10^{-8}$ | —                      |

の測定例である（東洋通信機製 CM フィルタの素子を利用した。）この場合も両側からの測定はよく一致している。

### 3. 多区間形の定数測定法

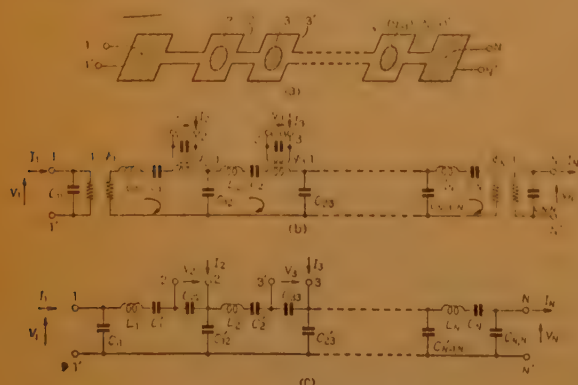
#### 3.1 等価回路

図 4 (a) の  $N$  区間形の等価回路は (b) のようになる。この場合も電気的特性に関する限り (c) のように変成器を省いた回路を使って差支えない。その証明はつぎのごとくほして行なうことができる。第  $n$  区間について電流電圧の関係式を求めると

$$\phi_n V_n = - \frac{1}{j\omega C_{n-1,n}} \frac{I_{n-1}}{\phi_{n-1}} + \left[ j\omega L_n - \frac{1}{j\omega (C_n // C_{n-1,n'} // C_{n,n+1})} \right] \frac{I_n}{\phi_n} - \frac{1}{j\omega C_{n,n+1}} \frac{I_{n+1}}{\phi_{n+1}} \quad (12)$$

ここで  $(C_a // C_b)$  は  $C_a, C_b$  の直列接続を表わす。また  $C_{0,1} = C_{N,N+1} = \infty$  とする。

両辺を  $\phi_n$  でわり、つぎのような置換をほこすと、上式は図 4 (c) の回路の方程式になる。

図 4  $N$  区間の等価回路Fig. 4—Equivalent circuit for  $N$ -section filter.

$$L_n' = \frac{L_n}{\phi_n^2}$$

$$C_{n-1,n}' = C_{n-1,n} \phi_{n-1} \phi_n$$

$$C_{n,n+1}' = C_{n,n+1} \phi_n \phi_{n+1} \quad (13)$$

$$\frac{1}{C_n'} = \frac{1}{\phi_n^2 C_n} + \left( \frac{1}{\phi_n^2} - \frac{1}{\phi_{n-1} \phi_n} \right) \frac{1}{C_{n-1,n}}$$

$$+ \left( \frac{1}{\phi_n^2} - \frac{1}{\phi_n \phi_{n+1}} \right) \frac{1}{C_{n,n+1}}$$

以上で証明は終わった。以下定数に付した (') は省くことにする。

#### 3.2 測定法

並列容量  $C_{n,n}$  は共振点から十分離れた周波数で普通の容量測定法によって測ればよい。つぎに内部の定数は 2 区間の場合にならって他の端子を短絡、開放した場合の駆動インピーダンス、伝達インピーダンスを測定することによって求めることが原理的には可能であるが実際問題としては計算が煩雑になりすぎるが多い。したがって相接する区間を残して他をクランプし、前節の 2 区間形の測定法をそのまま使うのが実用的であると思われる。そうすれば表 4 に示すように各定数が順次に求まってゆく。 $N$  区間のろ波器に対して  $(N-1)$  回の 2 区間形の測定が必要であるが、この際  $(L_2, L_3, \dots, L_{N-1})$  および  $(C_2, C_3, \dots, C_{N-1})$  については独立の値が 2 個ずつ得られるので測定精度もしくは等価回路の妥当性を検討することができる。

実際の多区間形の測定には各区間の固有共振周波数

$$\omega_n' = [L_n (C_n // C_{n-1,n} // C_{n,n+1})]^{-1/2} \quad (14)$$

および結合係数

$$k_{n,n+1} = (C_n' // C_{n-1,n} // C_{n,n+1})^{1/2}$$

$$\cdot (C_{n+1}' // C_{n+1,n} // C_{n+1,n+2})^{1/2} / C_{n,n+1} \quad (15)$$

が求まれば十分な場合が多い。この際は表 5 のごとく値が求まってゆくから  $(\omega_2', \dots, \omega_{N-1}')$  についてはやはり 2 個の独立測定値が得られる。

この方法はクランプの良否に大きく影響されるが、その評価は 2 区間形で行なうことができる。すなわち 2-2' 端子側の共振子をクランプした場合、1-1' 端子から見た駆動インピーダンスの共振点か 1 個となって、しかもあらかじめ測定しておいた  $\omega_1'$  に一致するようなクランプの仕方が最上であるわけである。

なお従来多区間形の各共振子の共振周波数の調整に 1 区間をのとして他をクランプしている例が

表 4 N 区間形の定数測定手順

| 測定区間 |                     |  |
|------|---------------------|--|
| 1-2  | $L_1 \quad L_2$<br> | $C_1 \quad C_{12} \quad C_2/C_{23}$<br> → $C_3$ ←        |
| 2-3  | $L_2 \quad L_3$<br> | $C_2/C_{12} \quad C_{23} \quad C_3/C_{34}$<br> → $C_4$ ← |
| 3-4  | $L_3 \quad L_4$     | $C_3/C_{23} \quad C_{34} \quad C_4/C_{45}$               |

表 5 N 区間形の固有共振周波数および結合係数測定手順

| 測定区間 |                                 |               |
|------|---------------------------------|---------------|
| 1-2  | $\omega_1' \quad \omega_2'$<br> | $\kappa_{12}$ |
| 2-3  | $\omega_2' \quad \omega_3'$<br> | $\kappa_{23}$ |
| 3-4  | $\omega_3' \quad \omega_4'$     | $\kappa_{34}$ |

あるが、それでは他の重要な定数である結合係数は知ることができない\*。

クランプの仕方はもちろん採用した振動状態に応じてえらぶ必要がある。したがって多区間形の測定例は、具体的なる波器の報告の際にゆずることにし、こゝでは測定法の基礎を与えておくにとどめておく。

\* その後の研究により多区間形の測定においてつぎの方法もかなり実用性があることが判った。すなわちまず 1 区間をのこして他をクランプして共振周波数を測り、つぎに相接する 2 区間を残して他をクランプして駆動または伝達インピーダンスの共振点を測れば、式 (1) により結合度を求めることができる。この方法によれば中間区間の電気機械結合度は大きい必要がない。したがって従来の形の電気機械波器に対しては、共振素子に電磁、磁気、静電変換等による臨時的電気端子を設ければ適用可能である。

## 4. 結 言

変換子のみならず各機械共振子にも電気的端子を設け得る材料および構造にすることによって等価定数の測定および必要ならば特性の電気的調整が可能な新しい形の電気機械波器を提案し、とくに各共振子がスチフネスで結合された形式の波器の定数測定法を述べた。組立形および切出形の 2 区間形波器における測定は理論とよく一致することを確かめた。結合がスチフネス以外の場合および多区間形の測定例についてはつぎの機会に報告したい。

## 謝 辞

常に御指導を賜わる高木教授に対し感謝申上げる。表 2 の測定は同研究室長谷部、立石両君によって行なわれ、また表 3 の測定に使用した素子は東洋通信機株式会社御寄贈によるもので、いずれも厚くお礼申上げる。

## 文 献

- (1) すぐれた総合報告としてつぎのようなものがある。  
深田・佐藤：信学誌 40, p 469, (1957-04).  
J.C. Hathaway & D.F. Babcock: IRE 45, p 5, (Jan.1957).  
近野：メカニカル・フィルタ、共立社 (1959).
- (2) W.P. Mason: "Physical acoustics & the properties of solids", p 146, D. Van Nostrand Co. (1958),
- (3) 本多, 中沢, 柳沢: 回路網理論研専委資料 (1957-12-5).
- (4) 尾上: 信学誌 37, p 480, (1954-07).

(昭和 35 年 4 月 2 日受付)

UDC 621.372.831.21  
621.372.812

## 同軸エルボの定在波比の Tchebyscheff 近似

正 員 小 西 良 弘      正 員 柴 田 定 男

(日本放送協会技術研究所)

要約 大電力用に用いられる同軸エルボにおいて直径が大きくなるとその定在波比が悪くなりしたがって使用周波数帯域幅が小となる。そこでわれわれはどの程度の周波数帯まで整合をとりうるかという限界を求めた。まず同軸エルボの四端子定数を測定し、それを用いてその等価回路網を誘導した。つぎに、この入力および出力側にそれぞれ補正回路を入れることにより、通過帯域で Tchebyscheff 特性をもつようにした場合のシャ断周波数と定在波比の関係および入力定在波比と、エルボ内部導体の最適値との関係等を求めた。

\* Tchebyscheff Approximation of Standing Wave Ratio in Coaxial Elbow. By YOSHIHIRO KONISI and SADA O SHIBATA, Members (Technical Research Laboratory, Japan Broadcasting Corporation, Tokyo).  
[論文番号 3238]

## 1. は し が き

UHF 帯における大電力送信の場合、給電線に同軸を用いるかあるいは導波管を用いるかにつき色々問題がある。同軸を使用する場合、電力が大きくなると直径が大きくなり、したがってそのまがり目に用いるエルボの整合特性がだんだん悪くなり、使用周波数を制限することになる。これも上記問題を決定する一つの要素となるので、これにつき研究を行なった。

同軸エルボの内部導体の太さを変化しつゝ、その等価回路網を測定により求め、その外部に補正回路を付加することにより、帯域内特性を Tchebyscheff 近似することを行なった、またその場合の内部導体の最適値を求めた。

## 2. 同軸エルボの回路定数測定

任意の直径の同軸エルボにつき測定をしておけば、直径が変化した場合には、それに逆比例して周波数帯域を考慮することができると、われわれは  $3\frac{1}{8}$  インチエルボにつき実験を行なった。

なお波動抵抗は  $50\Omega$  のものにつき測定を行なった。

つぎに測定方法は色々考えられるが、測定の際、付属部品（たとえばテーバ管、SWR計等）を取付けると、その定在波比の影響が現われる（ $\frac{d}{\lambda_g}$ ）ので、それらの影響のない  $S$  曲線法を用いて測定を行なった。すなわち図 1 に示すごとくエルボの入出力端子に延長同軸を取付けエルボの曲り目  $P_1, P_2$  より、それぞれ  $d, s$  の距

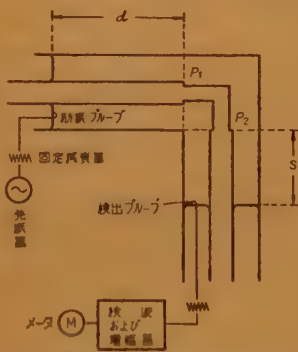


図 1 エルボの回路定数測定方法  
Fig.1—Method of measurement of elbow circuit parameters.

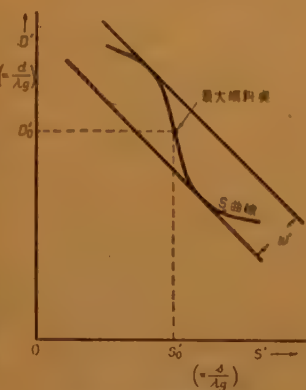


図 2  $S$  曲線を示す図  
Fig.2— $S$ -curve.

離で短絡したとき、回路が共振するとする。

今  $d$  を変化しつゝ  $s$  を測定し  $\frac{d}{\lambda_g} = D'$  と  $\frac{s}{\lambda_g} = S'$  の関係を図 2 のとき  $S$  曲線を画く。いま、この  $S$  曲線の最大傾斜点  $D'_0, S'_0$  および振幅  $w'$  を用いると式 (1) により、エルボ部分の  $z$  行列要素が求まる<sup>(1)</sup>。

$$\left. \begin{aligned} r &= -\cot^2 2\pi \left( \frac{1}{8} - \frac{\sqrt{2}}{4} w' \right) \\ \alpha &= \tan 2\pi D'_0, \quad \beta = \tan 2\pi S'_0 \\ \frac{z_{11}}{W} &= -j \frac{\alpha\beta + \gamma}{\beta - \alpha\gamma}, \quad \frac{z_{22}}{W} = j \frac{1 + \alpha\beta\gamma}{\beta - \alpha\gamma} \\ \frac{z_{12}}{W^2} &= \frac{z_{11}z_{22}}{W^2} - \frac{\alpha - \beta\gamma}{\beta - \alpha\gamma} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

( $W$ : 線路の波動抵抗)

したがって、この部分の四端子定数（非対称表示）

$A, D$  および  $B$  は式 (1) で得た  $\frac{z_{11}}{W}, \frac{z_{22}}{W}, \frac{z_{12}}{W}$  を用いて式 (2) により求めることができる。

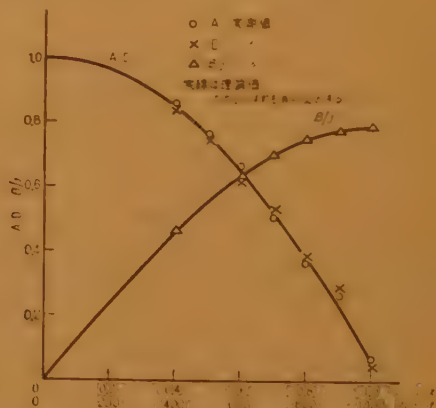


図 3  $3\frac{1}{8}$  インチエルボ（内部導体は  $33.4\text{ mm}$  のもの）の四端子定数測定値

Fig.3—Measured value of  $3\frac{1}{8}$  inch elbow circuit parameters.

$$\left. \begin{aligned} A &= -\frac{z_{11}}{W}, \quad D = -\frac{z_{22}}{W} \\ B &= \left( \frac{z_{12}}{W} - \frac{\frac{z_{11}}{W} \frac{z_{22}}{W}}{\frac{z_{12}}{W}} \right) W \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

まず、最初にエルボ部分の内部導体の直径が  $3\frac{1}{8}$  インチの内部導体と等しいものについて行ない、周波数を色々変化しつゝ、 $A, B, D$  を測定すると図 3 丸印のような値を得た。（ただし  $W=1\Omega$  と規準化した値）—



同図において  $A$  と  $D$  がほとんど等しいことから、対称回路の条件が満足されていることがわかる。

今図 3 の  $A, D, B$  を満足する等価回路は次節の方法により求め、その結果図 4 の点線内のような 5 素子のはしご形対

称回路で近似できる。さて同図において  $C'$  に並列に適当な補正容量を入れるとき、もし  $L/C_2$  の比が適当であれば出力端子に波動抵抗を接続したときの入力定在波比が Tchebyscheff 特性をもつようにすることができる。

たとえば帯域内の最大定在波比が 1.01 になるような Tchebyscheff 特性をもたせるためには  $L/C_2$  は 0.85 でなければならない。しかるに図 4 の  $L/C_2$  は 0.56 であり、かなり小さいので最適値 0.85 にするためには  $L$  を大にし、 $C_2$  を小さくする必要がある。したがって内部導体の直径をなお細くすればよいという想像がつく。このような考察に基づいて  $\phi$  をだんだん小さくした場合につき、エルボ部分の  $A$  および  $B$  をそれぞれ測定した。

### 3. 同軸エルボの等価回路網の構成

2 節で得られた四端子定数を満足させる等価回路網を作り、この外部に適当な付加回路を接続して広帯域整合を行なうわけであるが、この付加する整合回路の設計を容易にするため、つぎの仮定をおく。

仮定 1. エルボ内部を集中定数で近似する。

仮定 2. 5 素子のはしご形低域波器で構成されると仮定する。

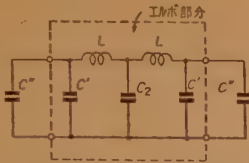
仮定 3. 対称回路網であると仮定する。

このような仮定をおくと、等価回路は図 6 (a) または (b) のごとくなり、外部にて補正を行なう場合、直列にインダクタンスを入れるかあるいは、並列にキャパシタンスを入れるかに応じて、図 6 の (a) または (b) を選択すればよい。われわれは後者を選んだ。

(図 4 となる) 今エルボ内部の四端子定数の中、 $A, B$  を図 4 の  $LC'C_2$  を用いて表わすと、

$$A = L^2 C' C_2 P^4 + L(2C' + C_2)P^2 + 1$$

$$B = L^2 C_2 P^3 + 2LP$$



$L = 0.96 \times 10^{-10}$ ,  $C_2 = 1.84 \times 10^{-10}$ ,  $C' = 0.44 \times 10^{-10}$ ,  $C'$  は外部につける補正容量 [ただし、これらの値は内部導体、外部導体共に  $3\frac{1}{8}$  インチのものを使用した場合の値で  $W = 1\Omega$  に規格化したもの]

図 4 エルボの等価回路  
Fig. 4 — Equivalent circuit of elbow.

となり  $B$  は三次の奇多項式、 $A$  は四次の偶多項式となる。したがって実周波数軸上では、

$$\begin{aligned} A(j\omega) &= L^2 C' C_2 \omega^4 - L(2C' + C_2)\omega^2 + 1 \\ \frac{B(j\omega)}{j} &= -L^2 C_2 \omega^3 + 2L\omega \end{aligned} \quad (3)$$

となる。ところで前節において、 $A(j\omega), B(j\omega)$  の値は  $0 < \omega < \omega_m$  ( $\omega_m$  は測定角周波数の上限) の範囲において、測定されているので、これら  $A(j\omega), B(j\omega)$  の値を満足するような  $\omega$  の多項式を求めれば、式 (3) の係数と比較することにより、 $L, C', C_2$  が計算できる。

これには、まず  $A, B/j$  の値を  $\omega/\omega_m = x$  の関数として表わし、つぎにこれを 0, 1, 2, 3, 4 位の Legendre 多項式、 $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4$  を用いて近似する。すなわち

$$\left. \begin{aligned} A(x) &= a_4' P_4 + a_2' P_2 + a_0' P_0 \\ \frac{B(x)}{j} &= a_3' P_3 + a_1' P_1 \\ a_i' &= (2n+1) \int_0^1 A \cdot P_i dx \quad (i=2, 4) \\ a_i' &= (2n+1) \int_0^1 \frac{B}{j} P_i dx \quad (i=1, 3) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式 (4) により表わすと、これは、 $A, B/j$  の値を  $0 < \omega < \omega_m$  の間において最小 2 乗近似していることになる。

式 (4) を分解し、 $x$  の項ベキ順にならべると

$$\left. \begin{aligned} A(x) &= a_4 x^4 + a_2 x^2 + a_0 \\ \frac{B(x)}{j} &= a_3 x^3 + a_1 x \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式 (5) を得る。式 (5) と式 (3) とを比較することにより式 (6) を得る。

$$\left. \begin{aligned} L &= \frac{a_1}{2\omega_m} \\ C_2 &= \frac{-4a_3}{\omega_m a_1^2} \\ C' &= \frac{1}{\omega_m a_1} \left( \frac{2a_3}{a_1} - a_2 \right) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

すなわち、式 (6) を用いて図 4 の等価回路定数  $L, C', C_2$  を求めることができる。

以上の方法によって  $3\frac{1}{8}$  インチ同軸で、 $\phi = 33.4$  mm の場合につき求めてみる。まず測定は 1000 Mc まで行なったので、 $\omega_m = 2\pi \times 1000 \times 10^6$  とすると  $A(x)$  および  $\frac{B(x)}{j}$  は図 3 において、 $f = 1000$  Mc のところを  $x=1$  としたものになる。今これを多項式にて展開すると

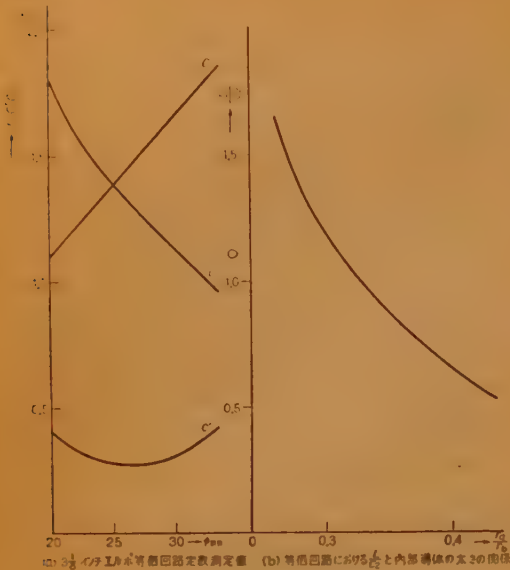


図 5 エルボの等価回路定数  
Fig.5—Equivalent circuit constant of elbow.

$$A=0.0946 x^4-1.03 x^2+1.0056$$

$$\frac{B}{j}=-0.42 x^3+1.205 x$$

となり式 (6) を用いて  $LC'C_2$  を求めると  $L=0.96 \times 10^{-10}$ ,  $C'=0.44 \times 10^{-10}$ ,  $C_2=1.84 \times 10^{-10}$  となる。逆にこの値を用いた  $A, \frac{B}{j}$  の数値は図 3 実線のようになり、ほとんど一致していることがわかる。同様の方法により、種々の  $\phi$  につき、 $L, C', C_2$  を求めた結果を図示すると図 5 のようになる。

なお図 5 (a) は 3/4 インチの回路定数であるが、直径が異なると、(たとえば、大きくなる)  $L, C', C_2$  いずれもそれに比例して (大きくなる) 計算すればよい。また、 $\frac{L}{C_2}$  は同軸の大きさに無関係で、単に同軸の内部導体、外部導体の半径の比  $\frac{r_a}{r_b}$  により定まり、3/4 インチの測定値がそのまま用いられ、図 5 (b) のようになる。

上記の方法は四端子定数を最小 2 乗近似する方法であるが、この他無反射端で終端した場合の入力インピーダンスの実数部分を最小 2 乗近似する方法も考えられる。

すなわち実数部分の値は  $z_{11}-\frac{z_{12}^2}{1+z_{11}}$  により  $z_{11}$ ,  $z_{12}$  の測定値より求まり、なお、この逆数は実係数偶多項式 (この場合は梯子形低域ろ波器なる故) になる。したがって上記と同様の方法により実数部の逆数

を近似する偶多項式を求める。

つぎにこれを Norm 形式に因数分解すると、 $(A+C)(A-C)$  となりしたがってその因数の偶数部および奇数部はそれぞれ四端子定数の  $A, C$  となる。故にこれを用いて回路が求まる。最初に述べた  $A; B$  を最小 2 乗する方法は、後者の方法に必要な因数分解の手間がない点は便利である。

#### 4. 定在波比を Tchebyscheff 近似するための補正回路の設計

エルボ内部の等価回路が図 4 のように 5 つの素子で求められているので、補正回路を入れてでき上った回路の次数  $n$  も 5 以上である。また対称回路網という仮定のもとに奇数でなければならない。次数  $n$  を増せば、帯域は広がるが  $n=5$  の場合が最も実用的であると思われるので、この場合につき述べる。



図 6 梯子形対称回路による低域ろ波器  
Fig.6—Low pass filter of symmetrical ladder network.

今、図 6 (a) のような梯子形対称回路において、 $z_1, z_2, z_3$  の値が適当な値であると通過帯域で、Tchebyscheff 特性を有し、減衰域では Wagner 特性の低域ろ波器となることが知られている<sup>(9)</sup>。また、図 6 (a) の回路と (b) の回路とは全く同じ伝送電力特性 (したがって入力定在波比も同じになる) を有することが知られているから<sup>(9)</sup>、われわれは (b) の方を用いることにする。この理由は丁度エルボの内部等価回路が図 4 のごとくになっており、したがってこの入出力端子に適当な補正容量のみを加えることにより、図 6 (b) の回路定数を満たすことができるからである。

表 1 定在波比と図 6 (b) の回路定数との関係  
( $W=1 \Omega$  に標準とした場合)

| 回路定数<br>( $r$ 定在波比) | $L \times \pi f_c$ | $C_1 \times \pi f_c$ | $C_2 \times \pi f_c$ | $L/C_1$ | $C_1/C_2$ |
|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------|-----------|
| 1.01                | 0.468              | 0.207                | 0.548                | 0.850   | 0.378     |
| 1.02                | 0.525              | 0.241                | 0.614                | 0.858   | 0.393     |
| 1.03                | 0.560              | 0.271                | 0.654                | 0.856   | 0.415     |
| 1.04                | 0.585              | 0.294                | 0.685                | 0.854   | 0.429     |
| 1.05                | 0.602              | 0.31                 | 0.706                | 0.853   | 0.439     |

今、この回路を用いて、通過帯域で Tchebyscheff 特性をもつ低域ろ波器を作った場合、入力定在比  $r$

は、図 7 のようになり、通過帯域内における最大定在波比  $r$  の値に応じて回路定数は異なってくる。

これを計算すると表 1 のようになる（計算方法は文献 (2) 参照）、これらの資料に基づいて補正回路の設計法を順を追って述べる。

#### 4.1 内部導体の太さの決定

表 1 からわかるように、まず要求する定在波比が定まると  $L/C_2$  の値はしゃ断周波数に無関係に定まり、この値を満足するエルボ内部導体の外部導体に対する太さの割合は、図

5 (b) から求まる。この際、表 1 よりわかるように、定在波比が変化しても、 $L/C_2$  はあまり変化せずしたがって、内部導体の最適値もごく僅かしか変化しないことがわかる。

#### 4.2 しゃ断周波数 $f_c$ の決定

内部導体の外部導体に対する太さの比が定まると、これに対する  $3\frac{1}{8}$  インチの場合の  $C_2$  が図 5 (a) に

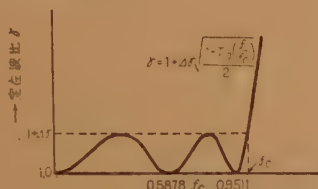


図 7  $n=5$  の Tchebyscheff 近似をした定在波比の特性を示す図  
Fig. 7—Characteristics of standing wave ratio by 5-th Tchebyscheff approximation.

て求まる。これを  $C_2(3\frac{1}{8})$  とする。今使用する同軸の直径を  $D$  インチとすると、この場合の  $C_2$  は、 $C_2 = C_2(3\frac{1}{8}) \times D/3\frac{1}{8}$  として求まる。一方表 1 にて  $C_2 \times \pi f_c$  の値が定められているので両者から  $f_c$  が計算できる。

以上の方法によって帯域内最大定在波比の値と、 $f_c$  との関係を各種の大いさの同軸について計算した結果を図 8 に示した。

#### 4.3 $C''$ の決定

上で求まった  $f_c$  と表 1 の  $C_1 \times \pi f_c$  の値を用いて  $C_1$  が定まる。一方エルボ等価回路自体に含まれている  $C'$  が、図 5 (a) において測定されているから、補正容量としては、 $C_1 - C'$  のものを入れればよい。この補正容量は、その部分だけ同軸の内部導体の太さを太くして近似的に容量を作ることにする。

### 5. 実際例と実験結果

定在波比 1.01 で  $3\frac{1}{8}$  インチのエルボを求める。この場合表 1 より  $L/C_2 = 0.85$  となりこれを満足する  $r_a/r_b = 0.353$  となる。したがって内部導体の直径は、 $76.9 \text{ mm} \times 0.353 = 27.1 \text{ mm}$  となる。また図 5 (a) より  $C_2 = 1.5 \times 10^{-10}$  であり一方  $C_2 \pi f_c$  は表 1 にて 0.548 であるので、これより  $f_c = 1160 \text{ Mc}$  である。今図 9 (a) に示すごとく、27.1 mm の内部導体を用

い補正容量を入れた場合、この入力定在波比を測定すると同図 (b) の丸印のごとき特性を得た（定在波比の測定には  $S$  曲線法を用いた）この場合の理論値は、同図の実線のようになり、よく一致している。

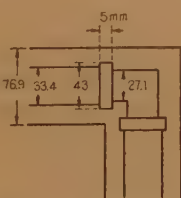


図 9 (a) 補正エルボの構造

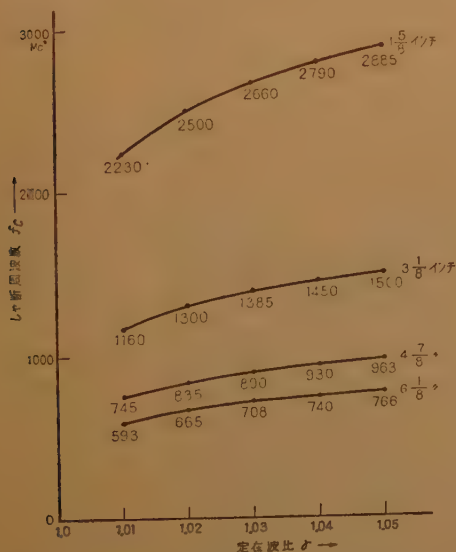
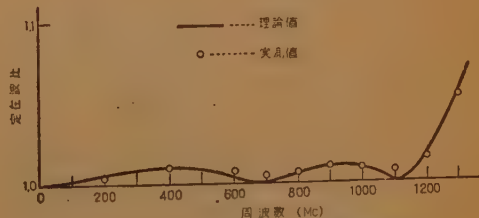


図 8 通過帯域の定在波比を Tchebyscheff 特性にしたとき定在波比としゃ断周波数との関係を示す図

Fig. 8—Relation between standing wave ratio and cut off frequency of elbow compensated as Tchebyscheff characteristics in pass band.



(b) 補正エルボ SWR の周波数特性  
図 9 補正同軸エルボの構造とその特性測定結果

Fig. 9—Construction of compensated elbow and its frequency characteristics of standing wave ratio.



## 6. あとがき

上記のごとく等価回路を測定により求め、これに基づいて広帯域化の設計を行ない実験と比較し、よく一致することがわかった。他の超短波回路素子の整合を行なう場合にも、上記の方法を応用すれば、精度のある設計ができるものと思う。

最後に絶えず御指導いただいた無線研究部、島山部

長、安田副部長、並びに御協力いただいた送信研究室各位に謝意を表する。

## 文 献

- (1) Marcuwitz: Waveguide Handbook, p 117. Mc Graw Hill
- (2) 高橋: "Tchebyscheff 特性を有する 梯子形波器について", 信学誌 34, p 65, (1951-02).
- (3) 宮田: 回路網合成, p 225, 共立出版.

(昭和35年4月2日受付)

UDC 621.395.623 : 621.318.3

# 電話用受話器の磁気回路

正員 新木 諒三 正員 島村 辰男

(電気通信研究所)

**要約** 電話用受話器の電磁駆動系については未知の部分が多かり多く、寸法形状材質と諸特性の定量的関係もあり明らかでない。そこでさしあたり新形電話機用受話器の設計を行なう必要もあるので、設計上の因子によって諸特性がどう左右されるかを知るために一連の実験を行ない、実際の設計に必要な種々の資料をうることができた。また、この実験結果の評価には振動系との関連も重要なので、実際の範囲内での受話器全体最適設計をも検討した。最後に設計例を挙げて理想受話器および R4 受話器と比較し、R4 受話器よりかなり感度の高い受話器をも作れることを示した。

## 1. 序 言

受話器の電磁駆動系については従来安定度その他の面から種々検討されてきたが<sup>(1)</sup>、それらは比較的大ざっぱな取扱いで、実際の寸法や材質との関連を定量的に評価するには有効でない。また受話器に特有な永久磁石と軽量のアマチュアを含む磁気回路の基本的解析もあり進んでおらず、力係数その他の測定についても不十分な点が多かった。そこで今回新形電話機用受話器を設計するにあたり、駆動系の諸特性が設計上の因子によってどう影響されるかを知るために一連の実験を行なった。この実験では直交配列を用い、製造上有利な同心形磁気回路を対象とした。また可変空げき長パイプロメータ<sup>(2)(3)</sup>を作って力係数、磁気吸引力をより精密に測れるようにした。たゞ設計上考慮すべき因子の種類はかなり多いので、補助実験などにより比較的影響の少ないと思われる因子は省略した。さらにたとえばアマチュア質量など振動系と関連する因子もあるので、受話器振動系の理論<sup>(4)</sup>を用いて実際の範囲内における受話器の最適設計をも検討した。最後に

設計例を挙げて、その設計例と理想受話器<sup>(5)</sup>との比感度差が主としてどのような損失に基づくのか R4 受話器と比較しながら検討した。

## 2. 実験計画<sup>(1)(2)</sup>

図1は被測定磁気回路の略図である。同心形といっても平衡形および内極径の比較的大きいいわゆるリン

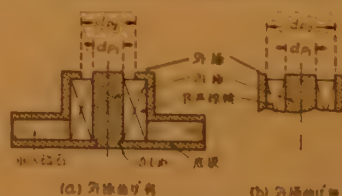


図1 被測定磁気回路  
Fig.1—Magnetic circuit of the driving system. (Armature removed)

ゲアマチュア形のは量産技術の点から除外した。後者は特に磁気空げき長零における吸引力が大きいわりに力係数が大きくなく<sup>(3)</sup>、特別な工夫を加えないかぎり不利である。用いられた直交配列は  $L_{11}$  (3<sup>13</sup>) で、とりあげられた因子は表1に示される。こゝで周波数とアマチュア厚さは列外とし、前者は各磁気回路ごとに3回ずつ繰返し、後者は特定の磁気回路3個で効果をしらべた。磁極面寸法はアマチュア直径を介して振動板実効質量に影響するので重要である。外極の曲げは音声線輪のスペースを小さくせずにアマチュアを小さくできる点

\* The Magnetic Circuit of the Telephone Receiver. RYOZO ARAKI and TATSUO SHIMAMURA, Members (Electrical Communication Laboratory, Tokyo). [論文番号 3239]

で意味がある。外極肉厚はすべて 1 mm、曲げのある場合の外極外径は 17.5 mm とした。永久磁石の寸法材質は減磁状態を後述のように調節すればほとんど影響しないので、すべてバリウムフェライトとした。また R4 受話器にみられた内極の割りも図 4 の例のようにうず電流の影響軽減にはあまり有効でないで除外した。アマチュア材質はすでに予備実験の結果真空熔解の Permendur が普通の Permendur より比感度でほぼ 2-3 dB 良いことがわかったので、これを用いた<sup>(7)</sup>。ほかに従来あまり影響の知られていない因子も二、三つけ加えた。そのうち磁極面のそぎとは端の角を  $0.5 \times 0.5$  mm だけ斜めにそぎ落したものである。

測定項目は設計上必要な量として力係数  $A$ 、制動インピーダンス  $Z_d$ 、負スチフネス  $s_n$  および磁気吸引力  $F$  をとった。これらはすべて磁気空げき長  $g$  の関数として、また力係数の極大が  $g=g_m=0.15$  mm に生ずるような永久磁石の減磁状態で測った。 $g$  は感度の点からは小さいほど良いが、製造技術の点からはこのあたりが最善であろう。 $s_n$  は  $F-g$  特性から求めた。音声線輪の巻回数は 500、直流抵抗はすべて  $30 \Omega$  の場合に換算した。

### 3. 測 定 装 置<sup>(1)</sup>

測定項目中  $A$  と  $F$  を測るために可変空げき長パイプロメータを作った。これは測定原理としては特に新しい点はないが、従来この目的で作られたパイプロメータはいずれも機械的な寄生振動のため満足に動作しなかったもので、その点に充分注意した。図 2 がそれで、構造は水平な台上に静電変換器を上向きに固定し、その振動板に取付けたアマチュアを上から被測定磁気回路で駆動する。磁気回路は台上の 3 本の足で支えられ、マイクロメータ機により空げき



図 2 可変空げき長パイプロメータ  
Fig. 2—Apparatus for force factor measurement.

構により空げき

長を変化できるようにしてある。 $A$  は周知のように電磁静電変換の感度積、感度比から相反定理により算出する。これに必要な振動板の機械インピーダンスは付加質量による共振変化から求め、また感度比は静電変換器側からも駆動し振動板を静止させて測った。振動板の共振曲線は約 8 kc 付近まで典型的な単一共振の形に測れる。 $F$  は振動板変位による静電変換器の容量変化から求めた。静電変換器は 2 種類作り、 $F$  による空げき長変化が 0.01 mm 以下に収まるよう適宜交換して使用した。

この装置の利点はまず動作状態の  $A$  が測れることである。従来は空げき長  $g$  をわずか変えたときの磁束変化から求めていたもので、磁気回路の非直線性から測定値は大きくなりがちであり、また周波数特性も測れなかった。 $F-g$  特性もこの装置ではなめらかな曲線で求まるので  $s_n$  を求めるのに都合よい。つぎの利点は装置に取付けたまゝ  $A$ ,  $F$ ,  $Z_d$  等を測定できるので、これらの空げき長特性をそのまま比較できることである。図 3 はその一例で  $A$  と  $s_n$  の極大点の一致していることがよくわかる。同図で  $F^{-1/2}$  は  $g=0$  における吸引力  $F_0$  を求めるのに使われる。従来  $F^{-1/2}$  は  $g$  に対し直線関係にあるとされていたが<sup>(1)</sup>、その直線は  $g_m$  付近で折れていることが注目される。な

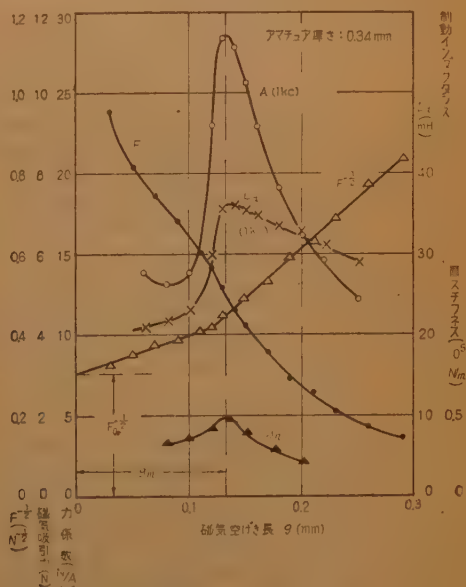


図 3 力係数、吸引力等の空げき長特性の一例  
(No. 16 磁気回路)

Fig. 3—Typical gap-length characteristics of the driving system.

表 1 被測定磁気回路の因子と水準

| 因 子                  | 記 号 | 水 準 値               |                 |                             |
|----------------------|-----|---------------------|-----------------|-----------------------------|
|                      |     | 1                   | 2               | 3                           |
| $d_{p2}/d_{p1}$      | A   | 2.19                | 1.86            | 1.57                        |
| $d_{p1}$             | B   | 6 mm                | 5 mm            | 7 mm                        |
| 外極の曲げ                | C   | 有                   | 無               | 有                           |
| アマチ<br>ニア { 外径<br>内径 | D   | $d_{p1}+2$ mm,<br>0 | $d_{p1}$ ,<br>0 | $d_{p1}$ ,<br>$d_{p1}-2$ mm |
| 内極、底板の<br>接合法        | E   | かしめ                 | 一 体             | かしめ                         |
| コイル長*                | F   | 5 mm                | 7 mm            | 7 mm                        |
| 磁極面のそぎ               | G   | 無                   | 有               | 有                           |
| 内極材質<br>外極材質         | H   | 45パーマロイ<br>純鉄       | 1% 珪素鉄<br>純鉄    | 45パーマロイ                     |
| アマチニア<br>厚           | I   | 0.40 mm             | 0.34 mm         | 0.26 mm                     |
| 周 波 数                | f   | 180 c/s             | 1000 c/s        | 2500 c/s                    |

\* ボビンを含まず、磁極面の近くに配置

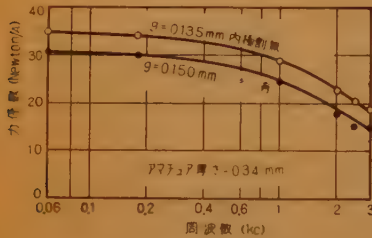


図 4 力係数周波数特性の一例  
(No.16 磁気回路)

Fig.4—Typical frequency characteristics  
of force factor.

お、この磁気回路の因子の水準は ( $A_2, B_3, C_2, D_1, E_3, F_3, G_1, H_3$ ) (表 1 から  $A_2$  とは  $d_{p2}/d_{p1}=1.86$  との意、以下同じ) である。図 4 は周波数特性の一例である。

#### 4. 実験結果<sup>(3)(4)</sup>

以上の実験結果から設計の検討に必要な量として  $A, A/\sqrt{Z_d}, F_0, F_{0.15}$  ( $g=0.15$  mm における  $F$ )、 $s_m$  をえらび分散分析を行なった。 $F$  の値は振動板の磁極への吸着を論ずるのに必要であり、また  $A/\sqrt{Z_d}$  は次節で述べるように比感度に直接影響する。表 2 はこれらの特性値に対する各因子の主効果を示すもので、5% の危険率で有意と判定された因子のみを掲げてあり、交互作用は無視してよい。この表からある与えられた磁気回路の特性値が推定できる。すなわち平均値  $\bar{m}$  にそれぞれの水準に対する数値を乗じまたは加えればよい。たとえば図 3 に例示した磁気回路 ( $B_3, D_1, H_3, I_2$ ) の 180 c/s における  $20 \log(A/\sqrt{Z_d})$  の推定値は表 2-2 から

表 2 主効果の表

$\bar{m}$  にそれぞれの水準に対する数値を乗じまたは加えれば各特性値の推定値がえられる。

表 2-1 力係数  $A$

$\bar{m}=13.34$  Newton/Ampere

1% 信頼限界  $\times 0.69 \sim 1.44$

| 因子記号 | 水 準            |                |                |
|------|----------------|----------------|----------------|
|      | 1              | 2              | 3              |
| B    | $\times 1.035$ | $\times 0.832$ | $\times 1.161$ |
| D    | $\times 1.248$ | $\times 0.832$ | $\times 0.963$ |
| H    | $\times 1.066$ | $\times 0.723$ | $\times 1.297$ |
| I    | $\times 1.081$ | $\times 1.000$ | $\times 0.749$ |
| f    | $\times 1.292$ | $\times 1.007$ | $\times 0.768$ |

( $g=g_m$ , 以下同じ)

表 2-2  $20 \log(A/\sqrt{Z_d})$

$\bar{m}=+2.24$  dB, re 1 N/ $\sqrt{W}$

1% 信頼限界  $\pm 2.71$  dB

| 因子記号 | 水 準     |         |         |
|------|---------|---------|---------|
|      | 1       | 2       | 3       |
| B    | $-0.25$ | $-0.98$ | $+0.73$ |
| D    | $+1.33$ | $-1.42$ | $-0.09$ |
| H    | $+0.55$ | $-2.25$ | $+1.70$ |
| I    | $+0.74$ | 0       | $-2.43$ |
| f    | $+6.25$ | $-0.55$ | $-5.71$ |

表 2-3  $F_0$

$\bar{m}=11.94$  Newton

1% 信頼限界  $\times 0.72 \sim 1.39$

| 因子記号 | 水 準            |                |                |
|------|----------------|----------------|----------------|
|      | 1              | 2              | 3              |
| B    | $\times 1.035$ | $\times 0.820$ | $\times 1.178$ |
| D    | $\times 0.952$ | $\times 0.754$ | $\times 1.393$ |
| I    | $\times 1.096$ | $\times 1.000$ | $\times 0.510$ |

表 2-4  $F_{0.15}$

$\bar{m}=4.45$  Newton

1% 信頼限界  $\times 0.83 \sim 1.21$

| 因子記号 | 水 準            |                |                |
|------|----------------|----------------|----------------|
|      | 1              | 2              | 3              |
| B    | $\times 0.978$ | $\times 0.895$ | $\times 1.143$ |
| D    | $\times 0.944$ | $\times 0.944$ | $\times 1.119$ |
| I    | $\times 1.213$ | $\times 1.000$ | $\times 0.592$ |

表 2-5  $s_m$

$\bar{m}=0.378 \times 10^3$  N/m

1% 信頼限界  $\times 0.83 \sim 1.21$

| 因子記号 | 水 準            |                |                |
|------|----------------|----------------|----------------|
|      | 1              | 2              | 3              |
| D    | $\times 1.033$ | $\times 0.759$ | $\times 1.276$ |
| E    | $\times 1.069$ | $\times 0.875$ | $\times 1.069$ |
| I    | $\times 1.119$ | $\times 1.000$ | $\times 0.484$ |



$+2.24+0.73+1.33+1.70+6.25 = +12.25$  dB  
と推定できる。これは実測値の 12.36 dB と信頼限界  
内でよく一致している。表 2 から求められる各推定値  
は設計の検討にきわめて有用である。

以上の結果から表 1 の設計因子についての結論はつ  
ぎのようにまとめられる。

#### (A) 寸法比 $d_{p2}/d_{p1}$

これはどの特性値に対しても有意でないから、アマ  
チュア質量を小さくする意味で小さい方がよい。たゞ  
あまり小さいとアマチュアを通らず直接内外極間に漏  
えいする磁束が増えて好ましくないであろう。実際  
にこの値が 1.57 では他に比し  $A$  も  $A/\sqrt{Z_d}$  も小さ  
めとなるので、これよりは小さくしない方が無難であ  
ろう。

#### (B) 内極直径 $d_{p1}$

$d_{p1}$  は大きいほど  $A$ ,  $A/\sqrt{Z_d}$ ,  $F$  は大きくなる。し  
かしアマチュア質量も同時に大きくなるので、その得  
失は振動系との関連できる。

#### (C) 外極形状

曲げの効果はほとんどない。ゆえに  $d_{p2}/d_{p1}$  を小さ  
くしてアマチュア直径を減らしても、音声線輪のスベ  
ースは確保でき、比感度を高めるのに都合が良い。

#### (D) アマチュア形状

(D<sub>2</sub>) すなわち外径= $d_{p2}$  で中央に大きな孔のない  
形は (D<sub>1</sub>) に比し  $A/\sqrt{Z_d}$  も  $F$  も小さく、実効質量  
の減少を考えても得策でない。また (D<sub>3</sub>) すなわち中  
心に内極よりやや小さい孔のある形は  $A/\sqrt{Z_d}$  が小  
さい上に  $F_0$  が大きく設計上全く不利である。アマチュ  
ア中央の孔により  $F_0$  の増すことは前述のリングアマ  
チュアの場合と較べて興味あることである。

#### (E) 内極と底板のかしめ

$s_n$  のみ有意だが大した差ではないので、かしの有  
無は製造上の立場からきめるべきであろう。

#### (F) コイル長

5~7 mm ではほとんど差がない。

#### (G) 磁極面のそぎ

この影響はほとんどないから、工作上の手間からも  
そぎはない方がよい。

#### (H) 磁極材質

$F$  と  $s_n$  は磁極材質によりほとんど影響されないが  
 $A$  または  $A/\sqrt{Z_d}$  は強く左右される。ゆえ内外極と  
も 45 Permalloy とするか、またはコストの点から外  
極のみ純鉄とするのが有利である。たゞこのような材  
質による影響とその透磁率もしくは導電率との関連に  
ついては、この実験からは明確でない。これは他の材  
料の使用の場合に重要なことだが、今後の問題として  
残されている。

#### (I) アマチュア厚さ

アマチュアは厚いほどどの特性値も大きくなるが、  
振動板実効質量との関連もあるので結論は次節にゆず  
る。図 5 は一例である。

#### (f) 周波数

$A/\sqrt{Z_d}$  はほぼ周波数の平方根に反比例するから、  
振動系でこれを補償する必要がある。

### 5. 受話器設計の検討<sup>(8)(9)(6)</sup>

以上の結果を振動系の理論<sup>(4)</sup>と組み合わせて検討す  
れば実際の範囲内での最適設計を定めることができ  
る。また前節では保留した種々の結論をもうることが  
できる。たゞ前節で求めた駆動系の諸特性はすべて具  
体的な数値で与えられたので、以下の検討では必然的  
に数値的に当てつかねばならぬこととなる。しかし  
電話用受話器として要求される周波数特性あるいは絶  
対安定などの条件から、実際の駆動系と組み合わせる  
振動系というものは存外狭い範囲に局限されるの  
で、最適設計の検討あるいは設計因子の変動の影響を  
およそ判断するには充分と思われる。なお本節の検討  
はすでに他に報告済みなので、ここでは簡単に述べる<sup>(8)</sup>。

受話器比感度の比較には振動系インピーダンスの質  
量分抵抗分を無視できるような低周波数で行なうのが  
合理的である。振動系としては最近における受話器製  
造技術の発展から、中央部に剛性円板を有するいわゆ  
る組み合わせ振動板(周辺クランプ)と、受話口およ  
び背部漏えい口の共振を利用した自由度 3 の振動系を  
考える。この場合の低周波数での比感度はつぎのよう  
になる<sup>(4)</sup>。

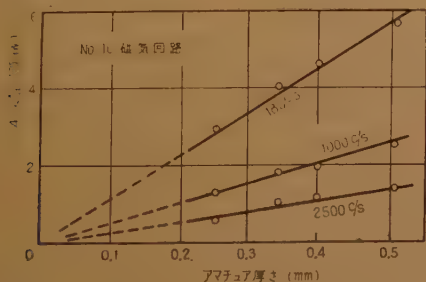


図 5  $A/\sqrt{Z_d}$  とアマチュア厚さの関係の一例

Fig. 5—Relations between  $A/\sqrt{Z_d}$  and armature thickness.

$$k_R = \frac{p}{I \sqrt{Z}} = \frac{A}{\sqrt{Z}} q_R, \quad (\text{dB, re } 1 \mu \text{ bar } \sqrt{\text{watt}}) \quad (1)$$

ここで  $q_R$  ははゞ振動系のみで定まる量で

$$q_R = \frac{p}{AI} = \frac{\kappa \beta_R S_a}{\omega_0'^2 m_0 V_f} \quad (2)$$

また  $p$  : 受話器出力音圧

$I$  : " 入力電流

$Z$  : " 自由インピーダンス

$\kappa$  : 空気の時積弾性率

$$\omega_0'^2 = s_0' / m_0$$

$V_f$  : 振動板前面の全気室容積

$\beta_R, S_a$  は振動板実効面積に関連する量,  $s_0'$  は前後の気室および  $s_m$  の影響も含めた振動板中心変位に関するスチフネス,  $m_0$  は振動板実効質量で, これらはいずれも寸法材質の関数として表わされる。こゝでもし周波数特性に関する要求と音響負荷すなわち耳と受話口で形成される気室容積  $V_s$  を与えると,  $V_f$  および  $q_R$  は振動板と駆動系のみではゞ一義的に定まり, したがって比感度の式 (1) は振動板と駆動系のみの変数で表わされることとなる。ゆえに表 2 から求められる駆動系特性を  $q_R$  の計算値と組み合わせれば, 最適設計の検討をすることができる。

前節の結論から駆動系の因子の水準を ( $D_1, E_1, H_1$ )

表 3 駆動系の寸法と諸特性の推定値 ( $D_1, E_1, H_1$ )

| $d_{p1}$<br>(mm) | $d_{p2}$<br>(mm) | $d_a$<br>(mm) | $h_a$<br>(mm) | $m_a$<br>(g) | $A/\sqrt{Z_d}$<br>180 c/s<br>(N/W) | $F_0$<br>(N) | $F_{0.15}$<br>(N) | $s_m$<br>( $10^3$ N/m) |
|------------------|------------------|---------------|---------------|--------------|------------------------------------|--------------|-------------------|------------------------|
| 5                | 9                | 11            | 0.40          | 0.312        | 3.662                              | 10.22        | 4.56              | 0.467                  |
| "                | "                | "             | 0.34          | 0.265        | 3.362                              | 9.32         | 3.76              | 0.417                  |
| "                | "                | "             | 0.26          | 0.203        | 2.542                              | 4.75         | 2.23              | 0.202                  |
| 6                | 10.5             | 12.5          | 0.40          | 0.403        | 4.219                              | 12.89        | 4.98              | 0.467                  |
| "                | "                | "             | 0.34          | 0.342        | 3.874                              | 11.76        | 4.11              | 0.417                  |
| "                | "                | "             | 0.26          | 0.262        | 2.929                              | 6.00         | 2.43              | 0.202                  |
| 7                | 12               | 14            | 0.40          | 0.505        | 4.461                              | 14.68        | 5.82              | 0.467                  |
| "                | "                | "             | 0.34          | 0.429        | 4.097                              | 13.39        | 4.80              | 0.417                  |
| "                | "                | "             | 0.26          | 0.328        | 3.097                              | 6.83         | 2.84              | 0.202                  |

と定めれば, 各種寸法に対する諸量の推定値は表 3 のようになる。こゝで寸法比 (因子 A) は約 1.75 とした。たゞこれらはいかなる振動板とも組み合わせうるわけではなく 2 個の条件で制限される。第一は絶対安定条件すなわちどんな機械的衝撃にも振動板が磁極に吸着されないこと, 第二は周波数特性の要求を満足できないほど振動板共振が高すぎないことである。したがって駆動系および振動板の厚さ  $h$  半径  $a$  を与えると, 吸着に対し充分な余裕をもつ  $\nu$  (振動板中央剛性円板の半径と  $a$  との比) と値はごく狭い範囲に局限され,  $q_R$  は結局  $a$  と  $h$  と駆動系ではゞ定まることとなる。図 6 はこうして求めた比感度の例で, この場合振動板材質はジュラルミン, 音響負荷気室容積  $V_s$  は  $6 \text{ cm}^3$  とし, 動インピーダンスは無視した\*。たゞ

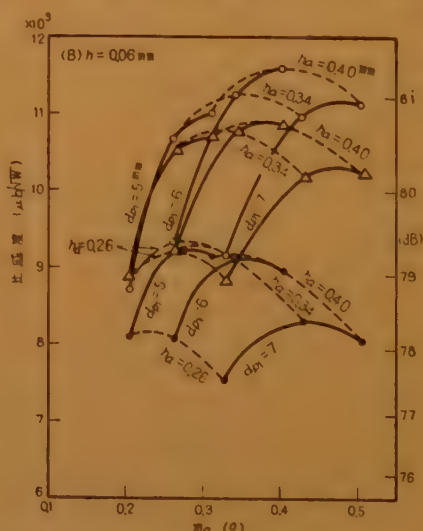
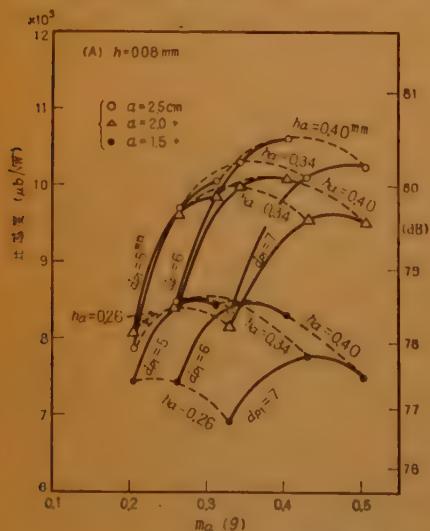


図 6 比感度の計算例 (180 c/s, 動インピーダンス無視)

Fig. 6—Specific response at 180 c/s.

\* 周波数特性は約 3,700 c/s まで 5 dB の偏差内。  $\omega_0'/2\pi = 1,600 \text{ c/s}$ ,  $s_{-1}'/s_0' = 0.4^{(4)(8)}$ 。

この例では 180 c/s の低周波でも必ずし音響インピーダンスは無視できないが, これを考慮しても比感度が少し下るだけでおおよその傾向は変わらない。

図 6 の結果は一例であって振動板材質や  $V_s$  その

他を変えれば当然これと異なった結果となるはずである。しかし電話用受話器として要求される性能上製造上の条件をみatus範囲では、大よその傾向はこれと大差ないとしてよい。ゆえにこれからあまり精密な結論を導びくことはできないが、およその判断をすることはできる。こゝで得られる結論はつぎのようにまとめられる。

(i) アマチュア厚さは通常厚いほど比感度は上る。たゞあまり厚いと実効質量増加のため比感度が下りはじめ、最適の状態が存在する。

(ii) 内極直径は 5~7mm の範囲では実効質量との関連で比感度にあまり影響ない。たゞ振動板の磁極への吸着に対する余裕からは小さい方が有利である。

(iii) 外極を曲げアマチュア直径を小さくして実効質量を減らすことは比感度上昇に有効である。

ほかに振動板に関して、

(iv) 振動板の厚さはたとえ  $\nu$  が大きくなってもうすい方が比感度は高い。たゞアマチュア質量が大きいとあまり効かない。

以上から受話器のおもな寸法その他によって特性がどう影響されるか、またどのような設計が実際に最適か知ることができる。たゞこれまでは実際上問題となるべき製造上のバラツキ、振動板のクリープ等については触れておらず、さらにこのような振動板ではアマチュア接着などの影響のため特性が必ずしも計算どおりとならないおそれもある。実際の設計にはこれらのことをも考慮すべきであるがこゝでは触れない。実際の新形電話機用受話器の設計については別に報告されるであろう<sup>(9)</sup>。

## 6. 理想受話器との比較と設計例

前節までは実用範囲内での設計の検討であったので、受話器の理想的設計とはいかなるものか、またそれにいくらかでも近づけるには駆動系その他にどういう特性が要求されるかについては触れていない。そこで以下では比感度の比較により、実際の受話器が理想受話器<sup>(9)</sup>に比し感度が低いのはどの部分の損失が効いているか検討することとする。

理想受話器の感度は周知のように

$$k_{R0} = \sqrt{\frac{\kappa}{\omega V_{-2}}}, \quad \omega: \text{角周波数} \quad (3)$$

と表わされる。これを用いると式 (1)(2) は

$$k_R = k_{R0} \cdot \sqrt{\frac{Z_d}{Z}} \cdot \sqrt{\frac{\omega L_d}{Z_d}} \cdot \frac{A}{\sqrt{s_n L_d}}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{s_n}{s_d}} \cdot \sqrt{\beta_R} \cdot \frac{\sqrt{s_n s_{-2}}}{s_0'} \cdot \frac{V_{-2}}{V_f} \quad (4)$$

と分解される。こゝで

$L_d$ : 制動インダクタンス

$s_n$ : 振動板スチフネス ( $s_n$  を含まず)

$s_{-2}$ : 振動板中心変位よりみた  $V_{-2}$  の呈するスチフネス

式(4)の各因数は  $k_{R0}$  と 7 番目の  $\sqrt{s_n s_{-2}/s_0'}$  を除きすべて 1 より大きくできない。特に 4, 5 番目の因数はそれぞれ磁気回路の結合係数、電気機械結合係数と呼ばれる量で、また  $k_R/k_{R0}$  も絶対に 1 を超えない。

表 4

(A) 式 (4) による比感度損失分解例 (dB)

| 180 c/s                  | R 4   | 設 計 例 |       |
|--------------------------|-------|-------|-------|
|                          |       | I     | II    |
| $k_{R0}$                 | 93.21 | 93.21 | 93.21 |
| $\sqrt{Z_d/Z}$           | -0.88 | -1.03 | -1.03 |
| $\sqrt{\omega L_d/Z_d}$  |       | -1.40 | -1.40 |
| $A/\sqrt{s_n L_d}$       |       | -2.25 | -2.25 |
| $\sqrt{s_n s_d}$         |       | -2.07 | -2.52 |
| $\sqrt{\beta_R}$         | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| $\sqrt{s_n s_{-2}/s_0'}$ | -6.66 | -2.15 | -1.68 |
| $V_{-2}/V_f$             | -5.26 | -4.57 | -4.60 |
| $k_R$                    | 68.37 | 79.74 | 79.73 |

比感度: dB, re 1  $\mu b/\sqrt{W}$

(B) 例示された受話器の諸定数

| 180 c/s<br>$V_{-2}=6 \text{ cm}^2$ | R 4  | 設 計 例                |        |
|------------------------------------|------|----------------------|--------|
|                                    |      | I                    | II     |
| $a(\text{cm})$                     | 2.3  | 2.0                  |        |
| $h(\text{mm})$                     | 0.10 | 0.06                 |        |
| $\nu$                              | —    | 0.850                | 0.855  |
| $A(\text{N/A})$                    | 18.5 | 31.21                |        |
| $L_d(\text{mH})$                   | 32.5 | 35.0                 |        |
| $s_n(10^3 \text{ N/m})$            | 0.20 | 0.467                |        |
| $m_s(\text{g})$                    | 0.60 | 0.403                |        |
| $s_n(10^3 \text{ N/m})$            | 1.68 | 0.752                | 0.835  |
| $m_s(\text{g})$                    | 1.20 | 0.575                | 0.577  |
| $V_f(\text{cm}^2)$                 | 11.0 | 10.16                | 10.19  |
| $V_b(\text{cm}^2)$                 | 16.5 | 12.19                | 31.64  |
| $q_R(10^3 \text{ m}^{-2})$         | 0.95 | 2.59                 | 2.59   |
| $Z(\Omega)$                        | 45.0 | 69.43                | 69.38  |
| $\beta_R$                          | —    | 0.9993               | 0.9996 |
| $s_n/s_{0 \pm 1}$                  | 3.4  | 1.43                 | 1.58   |
| 振動板実効面積 = 14.0 $\text{cm}^2$       |      | $Z_d = 54.72 \Omega$ |        |

$V_b$ : 振動板背部気室全容積



以上を実際の数値例で示したのが表4である。同表には R4 受話器と前節までの結果を利用した受話器設計例を示す。この設計例は実際に試作したわけではなく、また現在決定されようとしている新形電話機用受話器とも異なるが、前節の検討結果から駆動系には表3の4番目の磁気回路 ( $d=6\text{ mm}$ ,  $h_a=0.40\text{ mm}$ ) を、振動板には小形化の意味で  $a=2.0\text{ cm}$   $h=0.06\text{ mm}$  のジュラルミン製を用いた。この場合音響負荷および周波数特性に関する要求を前節の計算例と同じとすれば、実現可能な  $\nu$  の範囲は  $0.83\sim 0.86$  となる。そこで  $\nu=0.850$  および  $0.855$  の場合について  $q_R$  を正確に計算し、比感度その他の定数を求めて表4に示した。こゝで  $\nu$  のわずかな変化で  $s_a$  は激しく変わるが、 $q_R$  または比感度はほとんど変わらないことが注目される。これは  $q_R$  が式(2)に示すように  $m_0$  と  $V_f$  で定まるからである。また表4には振動板の磁極への吸着に対する余裕度を示す量として  $s_a/s_{\text{crit}}$  をも示した。こゝで  $s_{\text{crit}}$  は動作空げき長を  $0.15\text{ mm}$  とすれば次式で与えられる。

$$s_{\text{crit}} = \frac{F_0 - F_{0.15}}{0.15 \times 10^{-3}}$$

表4から R4 受話器の欠点は振動板実効質量  $m_0$  およびステップネス  $s_a$  が大きいこと、電気機械結合係数と  $\sqrt{s_a s_{-2}/s_0'}$  が小さい点にあるといえる。これに対し設計例では各損失がほぼ平等に分配されていて特に顕著な欠点がない。すなわち、この例では R4 受話器に比しアマチュアが軽くてしかも  $s_n$  の大きな駆動系を用いたために、 $m_0$  したがって  $s_a$  を小さくすることができ、 $s_n, s_a$  をともに  $s_{-2}$  に近づけた点がおもな改善された点といえる。

このように考えると、比感度の点から電磁駆動系に要求されることはつぎの2点に集約される。すなわち磁気回路の結合係数  $A/\sqrt{s_n L_d}$  と電気機械結合係数  $\sqrt{s_n/s_a}$  をなるべく大きくすることである。後者はつまり安定度を下げることと全く等価だが、前者の値は通常の駆動系ではそれほどの開きはない。結局従来力係数  $A$  または  $A/\sqrt{Z_d}$  の大きい駆動系を求めていたということは、そのような駆動系は、一般にステップネス  $s_n$  も大きいので、安定度を下げ電気機械結合係数を大きくすることとは、等価であったということが

できよう。

なお実際の電話用受話器では、この設計例のような高感度は明瞭度の点からも必要なく、また鳴音の危険性もある。そこで新形電話機用受話器としては、外極材料を純鉄とし、また永久磁石の温度特性その他を考慮して空げき長を力係数の極大点からずらし、 $180\text{ c/s}$  の比感度をこの例より約  $4\text{ dB}$  下げる予定である。

## 7. 結 言

以上で現在における実際的な範囲内での設計の目的は一応達せられたと思われる。こゝに述べた種々の結論とデータは補助実験によるものをも含めて実際の設計に有用であり、また従来この種のデータはあまり知られておらなかったので簡単に報告した。ただ以上は裏づけとなる基本的解析が不十分のため、設計因子をもっと広い範囲に変えた場合、あるいは因子の見落としもあるかもしれないなどの問題についてはかならずしも明確でなく、今後検討の必要があろう。

最後に御指導をいただいた通研早坂次長、増沢室長、実験の計画およびデータ整理に関し終始懇篤な教示と助言を惜しまれなかった篠原機構部品研究室長補佐、振動系の計算に関し数々の注意と助言を与えられた伊藤機構部品研究室長、および種々討論援助をいただいた石井、田島両研究主任に篤く感謝の意を表する。

## 文 献

- (1) 伊藤、増沢、新木：信学誌，39，4，p. 400, (1956-04).
- (2) 永田：信学誌，40，11，p. 1184, (1957-11).
- (3) 新木、島村：通研成果報告，1304, (昭 34-09).
- (4) 伊藤：信学誌，42，7，p. 683, (1959-07).
- (5) E.E. Mott and R.C. Miner: BSTJ, 30, p. 110, (Jan. 1950).
- (6) 仲丸、永田：信学誌，35，4，p. 172, (1952-04).
- (7) 新木、島村：電気音響専委資料, (昭 34-09).
- (8) 黒田、藤野、奈良、新木：通研成果報告，1208, (昭 34-01).
- (9) 伊藤、新木：通研実用化報告，8，6，p. 815, (昭 34).
- (9) 現在のところでは、  
増沢、田島、山崎：電気音響専委資料, (昭 34-06).
- " " " " 1369, (昭 35-03).

(昭和35年2月2日受付，5月10日再受付)

## 投 書

UDC 621.372.81 : 538.566.5

## 通常の導波管の正規横電, 磁界の完全性\*

正 員 飯 口 真 一

(電気通信研究所)

## 1. 序 言

縦方向に関して断面が一定である完全導体壁からなる等質等方媒質の直線導波管を狭義の導波管と呼ぶと、狭義の導波管の部分における電磁界はその導波管の正規姿態の和で表わされるのは重ね合わせの理より自明である。しかし導波管が狭義の導波管から離れると、これは自明ではなくて証明を要することである。たとえば不完全導体壁導波管、曲り導波管、ら旋曲り導波管、等方等質ではない導波管等がそれである。これらの問題を解く場合、電磁界を縦方向と横方向とに分けて、それらをそれぞれ狭義の導波管の正規姿態の縦方向電、磁界および横方向電磁界の級数で展開し、これらを Maxwell の方程式に代入して、これらの級数の未定係数を求めることにより、各電磁界を決定する極めて有力な方法がある<sup>(1)</sup>。縦方向電、磁界の展開可能性は、スカラ固有関数の完全性の定理により、直ちに推論しうが、横方向電、磁界は二次元ベクトルであり、ベクトルの固有関数の完全性の定理は適当なものが見当らなかった。よって筆者はこの定理を掲げ、これを証明した。これは von Neumann の超極大作用素の固有値問題であり、その積分表示式より展開可能性が出るのであろうが、本論文はスカラ固有値問題を基礎に、これを平易に証明したものである。

## 記号表

$E_m, H_m$  狭義導波管の正規化した正規横電磁界。

解析すべき立体回路の注目している断面  $s$  が位置にかかわらず一定のときは、これは  $x, y$  の関数であるが、その断面  $s$  が変わるときは、これは  $x, y$  および  $z$  (一般には第 3 番目の座標変数) の関数。ただし展開に関しては  $z$  は副変数的。二次元ベクトル。

$F, G$  等 二次元 3 変数  $(x, y, z)$  または 4 変数  $(x, y, z, t)$  のベクトル。ただし展開に関しては  $z, t$  は副変数的である。

$i, j, k$  それぞれ  $x, y, z$  方向の単位ベクトル

$$\text{grad } T = i \frac{\partial T}{\partial x} + j \frac{\partial T}{\partial y}$$

$$\text{flux } T = i \frac{\partial T}{\partial y} - j \frac{\partial T}{\partial x}$$

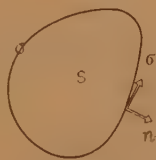


図 1 導波管の断面  
Fig. 1—The cross-section of a waveguide.

図 1 は断片的に連続な切線を持つ連続な曲線  $\sigma$  によって囲まれた単一連結領域  $s$  を示す。

$n, \sigma$  それぞれ法線、切線方向の単位ベクトル  $|\sigma, (\sigma), [\sigma]$  境界  $\sigma$  上での値を示す。

## 2. 論文の目的

時刻変数  $t$  を含んだ実または複素の関数の二次元ベクトルを  $F(x, y, z, t)$  とする。この  $F$  を平均収束の意味で、つぎのように展開しうることを証明するのである。

$$F = \sum_n V_{(n)}(z, t) \text{grad } T_{(n)}(x, y; z) + \sum_n V_{[n]}(z, t) \text{flux } T_{[n]}(x, y; z)$$

つぎに示すのはその一例である。 $\omega$  なる単一角周波数の正弦波で振動する二次元ベクトルは実数で表わすと、つぎようになる。

$$F_r(x, y, z) \cos\{\omega t + g(x, y, z)\}$$

$$\text{これは, } \text{Re}\{F_r e^{ig(x,y,z)}\} = \text{Re}\{F(x, y, z) e^{i\omega t}\}$$

この  $F$  は複素関数であるが、これを平均収束の意味でつぎのように展開しうることを証明するのである。

$$F = \sum_n V_{(n)}(z) \text{grad } T_{(n)}(x, y; z) + \sum_n V_{[n]}(z) \text{flux } T_{[n]}(x, y; z)$$

\* Proof of the Completeness of a Set of Transverse Components of Normal Modes in Waveguide. By SHIN-ICHI IGUCHI, Member (Electrical Communication Laboratory, Tokyo). [論文番号 3240]

$(x, y, z)$  は  $x, y, z$  の関数ではあるが、展開に関しては、 $z$  は副変数的であることを示す。

### 3. 通常の導波管の正規横電、磁界<sup>(1)</sup>

(付録 A, C 参照)

TM 波の正規姿態の横電、磁界はそれぞれ  $\text{grad } T_{(n)}$ ,  $\text{flux } T_{(n)}$ , TE 波のそれらは,  $\text{flux } T_{[n]}$ ,  $\text{grad } T_{[n]}$  と表わしうる。ただし,  $T_{(n)}$ ,  $T_{[n]}$  はつぎの固有値問題の固有関数である。

$$\left. \begin{aligned} \nabla^2 T_{(n)} &= -\chi_{(n)}^2 T_{(n)}, [T_{(n)}]_s = 0 \\ \nabla^2 T_{[n]} &= -\chi_{[n]}^2 T_{[n]}, \left[ \frac{\partial T_{[n]}}{\partial n} \right]_s = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

関数  $T$  の間には, つぎのような直交性が存在する。  
 $\iint f g^* ds$  なる面積分を  $(f, g)$  と略記する (\* は複素共やく)

$m \neq n$  ならば

$$(T_{(n)}, T_{(m)}) = 0, (T_{[n]}, T_{[m]}) = 0 \quad (2)$$

$T_{(n)}$  と  $T_{[m]}$  とは一般には直交しない。

$m \neq n$  ならば,

$$\begin{aligned} (\text{grad } T_{(n)}, \text{grad } T_{(m)}) &= (\text{flux } T_{(n)}, \text{flux } T_{(m)}) \\ &= (\text{grad } T_{[n]}, \text{grad } T_{[m]}) \\ &= (\text{flux } T_{[n]}, \text{flux } T_{[m]}) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} (\text{grad } T_{(n)}, \text{flux } T_{[m]}) &= (\text{grad } T_{[n]}, \text{flux } T_{(m)}) \\ &= (\text{grad } T_{(n)}, \text{flux } T_{(m)}) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$\text{grad } T_{[m]}$  と  $\text{flux } T_{[n]}$  とは一般には直交しない。

ただし, 1つの固有値  $\chi$  に2つ以上の固有関数が存在するときは, Schmidt の直交化法により (2) を成立せしめうるので, それらの縮退した固有関数およびそれらに対応した固有値を組にして順序に並べ, それらを含んだ全体に一連の番号を付したものが上記であると考えている。(3), (4) の直交性の証明は省略するが, 付録Cの式と (2) とを使えば容易に出る。なお, 通常つぎのように正規化しておく。

$$(\text{grad } T, \text{grad } T) = (\chi T, \chi T) = 1$$

## 4. 境界条件

### 4.1 境界 $\sigma$ 上の切線成分が零

付録 B を参照すると適当な微分可能性等の条件を持った任意の二次元ベクトルはつぎのように書ける。

$$\mathbf{F} = \text{grad } V + \text{flux } \Psi \quad (5)$$

$$\text{これに } (\sigma \cdot \mathbf{F})_s = 0 \quad (6)$$

を課すると, 次式を得る。

$$\frac{\partial V}{\partial \sigma} - \frac{\partial \Psi}{\partial n} = 0 \quad (7)$$

### 4.2 境界 $\sigma$ 上の法線成分が零

前小節と同様に任意の二次元ベクトル  $\mathbf{G}$  はつぎのように書ける。

$$\mathbf{G} = \text{flux } \Pi + \text{grad } U \quad (8)$$

$$\text{これに } (\mathbf{n} \cdot \mathbf{G})_s = 0 \quad (9)$$

を課すると, 次式を得る。

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \sigma} + \frac{\partial U}{\partial n} = 0 \quad (10)$$

## 5. 横電界の完全性の証明

定理 1. 境界  $\sigma$  上で  $\sigma \cdot \mathbf{F} = 0$  であり  $|\mathbf{F}|^2, |\text{div } \mathbf{F}|^2, |\text{rot } \mathbf{F}|^2$  が  $s$  上で可積分である  $s$  上の任意の二次元ベクトル  $\mathbf{F}$  は,  $s$  と同一の断面を持つ狭義の導波管断面の正規姿態横電界ベクトル  $\mathbf{E}_m$  を用いて平均収束の意味で展開可能である。

証明

$$\mathbf{J}_n = \mathbf{F} - \sum_{m=1}^n V_m \mathbf{E}_m, \quad V_m = (\mathbf{F}, \mathbf{E}_m) \quad (11)$$

ここに  $\mathbf{F}$  は (5) の  $\mathbf{F}$  であり, 展開すべき二次元ベクトルである。そして  $\mathbf{E}_n$  までに,

$$\begin{cases} \text{TM 波} \cdots \text{grad } T_{(1)} \cdots \text{grad } T_{(n)} \cdots \text{grad } T_{(p)} \\ \text{TE 波} \cdots \text{flux } T_{[1]} \cdots \text{flux } T_{[r]} \cdots \text{flux } T_{[s]} \end{cases}$$

$\mu + \nu = n$  であると置ける。

(11) の  $\text{div}$  を取り付録Cの式を用いると,

$$\text{div } \mathbf{J}_n = \nabla^2 V - \sum_{s=1}^n (\nabla^2 V, \chi_{(s)} T_{(s)}) \chi_{(s)} T_{(s)}$$

集合  $\chi_{(s)} T_{(s)}$  は正規直交完全系をなす故, 上式右辺は平均収束する。(第3節および付録A参照)  
すなわち,

$$\iint |\nabla^2 V - \sum_{s=1}^n (\nabla^2 V, \chi_{(s)} T_{(s)}) \chi_{(s)} T_{(s)}|^2 ds = 0 \quad (\mu \rightarrow \infty)$$

$$\therefore \iint |\text{div } \mathbf{J}_n|^2 ds = 0 \quad (n \rightarrow \infty) \quad (12)$$

(11) の  $\text{rot}$  を取り, 付録Cの式および (7) を用いると,

$$-\mathbf{k} \cdot \text{rot } \mathbf{J}_n = \nabla^2 \Psi - \sum_{T=1}^n (\nabla^2 \Psi, \chi_{[T]} T_{[T]}) \chi_{[T]} T_{[T]}$$

完全性の定理より, 右辺は平均収束する。(付録A参照)

$$\therefore \iint |\text{rot } \mathbf{J}_n|^2 ds = 0 \quad (n \rightarrow \infty) \quad (13)$$



(12), (13) および  $[\mathbf{n} \times \mathbf{J}_n]_s = 0$  より, 付録 E を参照

すれば,  $\iint |\mathbf{J}_n|^2 ds = 0 \quad (n \rightarrow \infty)$

$$\therefore \iint \left| \mathbf{F} - \sum_{m=1}^n \mathbf{V}_m \mathbf{E}_m \right|^2 ds = 0 \quad (n \rightarrow \infty) \quad (14)$$

(証終)

これで, かなり目的を達した訳であるが, さらに定理 1 において  $\mathbf{F}$  に課せられた制限を最大限に緩めた  $\mathbf{L}$  に関してつぎの定理 2 を証明する。

**定理 2.** そのベクトルの成分の絶対値の 2 乗が  $s$  上で可積分である  $s$  上の任意の二次元ベクトル  $\mathbf{L}$  は,  $\mathbf{E}_m$  を用いて平均収束の意味で展開可能である。

$(\iint |\mathbf{X}|^2 ds)^{1/2}$  を  $\mathbf{X}$  の  $L_2$  ノルムと言い,  $\|\mathbf{X}\|$  と略記する。

**証明.** 付録 G より任意の  $\mathbf{L}$  に関して, 任意の  $\epsilon_1 > 0$  に対して, 零測度の集合を除いては多項式であり, また  $(\sigma \cdot \mathbf{F})_s = 0$  をみたす  $\mathbf{F}$  を選び出して, 次式を成立せしめうる。

$$\|\mathbf{L} - \mathbf{F}\|^2 < \epsilon_1 \quad (15)$$

この  $\mathbf{F}$  はもちろん定理 1 の条件をみたす故, 任意の  $\epsilon_2 > 0$  に対して適当に大なる  $M$  をとれば, 次式を成立せしめうる。

$$\left\| \mathbf{F} - \sum_{m=1}^M \mathbf{V}_m \mathbf{E}_m \right\|^2 < \epsilon_2 \quad (16)$$

三角不等式  $\|u+v\| \leq \|u\| + \|v\|$  を用いると,

$$\begin{aligned} \left\| \mathbf{L} - \sum_{m=1}^M \mathbf{U}_m \mathbf{E}_m \right\| &\leq \left\| \mathbf{L} - \mathbf{F} \right\| + \left\| \mathbf{F} - \sum_{m=1}^M \mathbf{V}_m \mathbf{E}_m \right\| \\ &+ \left\| \sum_{m=1}^M \mathbf{V}_m \mathbf{E}_m - \sum_{m=1}^M \mathbf{U}_m \mathbf{E}_m \right\| \end{aligned} \quad (17)$$

ここに,  $\mathbf{U}_m = (\mathbf{L}, \mathbf{E}_m)$

$$\text{また, } \left\| \sum_{m=1}^M \mathbf{V}_m \mathbf{E}_m - \sum_{m=1}^M \mathbf{U}_m \mathbf{E}_m \right\| = \sum_{m=1}^M \left\| \mathbf{V}_m - \mathbf{U}_m \right\| \quad (18)$$

$$\text{さらに, } 0 \leq \left\| \mathbf{L} - \sum_{m=1}^M \mathbf{U}_m \mathbf{E}_m - \mathbf{F} + \sum_{m=1}^M \mathbf{V}_m \mathbf{E}_m \right\|^2$$

$$= \left\| \mathbf{L} - \mathbf{F} \right\|^2 - \sum_{m=1}^M \left\| \mathbf{U}_m - \mathbf{V}_m \right\|^2$$

より, 次式が求まる。

$$\sum_{m=1}^M \left\| \mathbf{U}_m - \mathbf{V}_m \right\| \leq \left\| \mathbf{L} - \mathbf{F} \right\| \quad (19)$$

(19) を (18) に代入したものおよび (15), (16) を用いれば, (17) より

$$\left\| \mathbf{L} - \sum_{m=1}^M \mathbf{U}_m \mathbf{E}_m \right\| < 2\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}$$

(証終)

## 6. 横磁界の完全性の証明

横電界の場合と同様にまずつぎの定理を証明する。

**定理 3.** 境界  $\sigma$  上で  $\mathbf{n} \cdot \mathbf{G} = 0$  であり,  $|\mathbf{G}|^2, |\operatorname{div} \mathbf{G}|^2, |\operatorname{rot} \mathbf{G}|^2$  が  $s$  上で可積分である  $s$  上の任意の二次元ベクトル  $\mathbf{G}$  は,  $s$  と同一の断面を持つ狭義の導波管断面の正規姿勢横磁界ベクトル  $\mathbf{H}_m$  を用いて平均収束の意味で展開可能である。

**証明**

$$-\mathbf{k} \cdot \mathbf{K}_n = \mathbf{G} \cdot \sum_{m=1}^n \mathbf{I}_m \mathbf{H}_m, \quad \mathbf{I}_m = (\mathbf{G}, \mathbf{H}_m) \quad (20)$$

ここに  $\mathbf{G}$  は (8) の  $\mathbf{G}$  であり, 展開すべき二次元ベクトルである。そして  $\mathbf{H}_n$  までに,

$$\begin{cases} TM \text{ 波} \cdots \text{flux } T_{(1)} \cdots \text{flux } T_{(s)} \cdots \text{flux } T_{(u)} \\ TE \text{ 波} \cdots \text{grad } T_{[1]} \cdots \text{grad } T_{[T]} \cdots \text{grad } T_{[v]} \end{cases}$$

$u+v=n$  であると置ける。

(20) の  $\operatorname{rot}$  をとり, 付録 C の式を用いると,

$$-\mathbf{k} \cdot \operatorname{rot} \mathbf{K}_n = \nabla^2 \Pi - \sum_{s=1}^n (\nabla^2 \Pi, \chi_s) T_{(s)} \chi_{(s)} T_{(s)}$$

完全性の定理より, 右辺は平均収束する。(付録 A 参照)

$$\therefore \iint |\operatorname{rot} \mathbf{K}_n|^2 ds = 0 \quad (n \rightarrow \infty) \quad (21)$$

(20) の  $\operatorname{div}$  を取り, 付録 C の式および (10) を用いると,

$$\operatorname{div} \mathbf{K}_n = \nabla^2 U - \sum_{T=1}^v (\nabla^2 U, \chi_{[T]} T_{[T]}) \chi_{[T]} T_{[T]}$$

完全性の定理より, 右辺は平均収束する。(付録 A 参照)

$$\therefore \iint |\operatorname{div} \mathbf{K}_n|^2 ds = 0 \quad (n \rightarrow \infty) \quad (22)$$

(21), (22) および  $(\mathbf{n} \cdot \mathbf{K}_n)_s = 0$  より, 付録 F を参照すれば,

$$\iint |\mathbf{K}_n|^2 ds = 0 \quad (n \rightarrow \infty)$$

$$\therefore \iint \left| \mathbf{G} - \sum_{m=1}^n \mathbf{I}_m \mathbf{H}_m \right|^2 ds = 0 \quad (n \rightarrow \infty) \quad (23)$$

(証終)

横電界の場合と全く同様につぎの拡張定理をうる。

**定理 4.** そのベクトルの成分の絶対値の 2 乗が  $s$  上で可積分である  $s$  上の任意の二次元ベクトル  $\mathbf{L}$  は,

$H_m$  を用いて平均収束の意味で展開可能である。

## 7. 結 言

以上，序言および第1節で述べた本論文の目的である展開可能性の定理を掲げ，これを証明した。終りに三輪室長を始め，清水主任および宮内一洋氏に感謝する。

### 付録 A. 2変数スカラー関数の完全性の定理<sup>(2)</sup>

空間  $\mathfrak{D} \cdots s$  で断片的に連続で， $\iint |\varphi|^2 ds < \infty$  ならしめる  $\varphi$  の全体。

空間  $\mathfrak{D} \cdots s$  で断片的に1回連続微分可能で，

$\iint |\nabla \varphi|^2 ds < \infty$  ならしめる  $\mathfrak{D}$  内の  $\varphi$  の全体。

空間  $\mathfrak{D} \cdots s$  の境界  $\sigma$  上で一様に零になる  $\mathfrak{D}$  内の関数の閉包。

空間  $\mathfrak{D} \cdots s$  で断片的2回連続微分可能で， $\nabla^2 \varphi$  が  $\mathfrak{D}$  に属するような  $\mathfrak{D}$  内の連続微分可能で，かつ境界条件  $\int_{\sigma} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial n} \right) \psi d\sigma = 0$  ならしめる  $\varphi$  の全体。

定数  $\nabla^2 u + \lambda u = 0$

( $u$  は  $\mathfrak{D}$  内)  $\{u$  は  $\mathfrak{D}$  内}

なる固有値問題の解として，固有値  $\lambda_n$  と固有関数  $u_n$  の無限列が存在する。そして直交関係式  $\iint u_n u_p ds = \delta_{np}$  が成立する。

完全性の定理 ( $\mathfrak{D}$  内)  $\{\mathfrak{D}$  内} の各関数  $\varphi$  に対して， $\psi_n = \varphi - \sum_{j=1}^n c_j u_j$ ， $c_j = \iint \varphi u_j ds$  とおくと，完全関係式  $\iint |\psi_n|^2 ds \rightarrow 0$  が成立する。

こゝに，( )，{ } はそれぞれ第1，第2境界値問題を表わす。

補足 以上は本論文に必要充分な事項だけを摘出し，原論文の定理を簡素化したものであるが，つとめて原文の形を残した。また，上記では展開すべき関数  $\varphi$  は，( $\mathfrak{D}$  内)， $\{\mathfrak{D}$  内} であったが，その制限を除いて， $\mathfrak{D}$  内の関数  $\varphi$  についても，上記の完全性の定理が成立する<sup>(4)</sup>。

### 付録 B. 二次元ベクトルの Helmholtz の定理

二次元の  $\nabla$ ，二次元のベクトルを用いると，三次元のもの<sup>(5)</sup>と似た形の式が求まる。

$$\mathbf{F} = \text{grad } \varphi + \text{curl } \mathbf{A}$$

$$= \text{grad} \left[ -\frac{1}{2\pi} \int \log R \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} d\sigma' \right. \\ \left. + \frac{1}{2\pi} \iint \log R \cdot \text{div}' \mathbf{F} ds' \right]$$

$$+ \text{curl} \left[ -\frac{1}{2\pi} \int \log R \cdot \mathbf{F} \times \mathbf{n} d\sigma' \right. \\ \left. - \frac{1}{2\pi} \iint \log R \cdot \text{curl}' \mathbf{F} ds' \right]$$

$\text{curl } \mathbf{A}$  について， $\mathbf{A}$  は  $s$  面に直角方向のベクトルなので， $\mathbf{A} = k\alpha$  とおけば  $\text{curl } \mathbf{A} = \text{flux } \alpha$  である。

### 付録 C. スカラの Green の定理

$$\iint \nabla^2 u ds + \iint (\nabla v \cdot \nabla u) ds = \int v \frac{\partial u}{\partial n} d\sigma$$

こゝで， $v$  は連続で断片的に1回連続微分可能， $u$  は連続で1回連続微分可能で断片的に2回連続微分可能<sup>(3)</sup>。

$$\textcircled{1} \quad \iint \nabla^2 u ds = 0 \text{ のときは， } v=1 \text{ とおけば} \textcircled{6},$$

$$\int \frac{\partial u}{\partial n} d\sigma = 0.$$

$$\textcircled{2} \quad v=w, u=w^* \text{ とおけば，}$$

$$\iint w \nabla^2 w^* ds + \iint |\nabla w|^2 ds = \int w \frac{dw^*}{dn} d\sigma$$

つぎのようにまとめて置くと便利である<sup>(7)</sup>。

$$\iint \text{grad } u \cdot \text{grad } v ds = \iint \text{flux } u \cdot \text{flux } v ds$$

$$= -\iint u \nabla^2 v ds + \int u \frac{\partial v}{\partial n} d\sigma$$

$$= -\iint v \nabla^2 u ds + \int v \frac{\partial u}{\partial n} d\sigma$$

$$\iint \text{grad } u \cdot \text{flux } v ds = -\iint \text{flux } u \cdot \text{grad } v ds$$

$$= \int u \frac{\partial v}{\partial \sigma} d\sigma = -\int v \frac{\partial u}{\partial \sigma} d\sigma$$

### 付録 D. 実関数論からのわずかな知識<sup>(8)</sup>

測度零の集合を除いて成立する関係は，ほとんどすべてのところで成立すると言う。

つぎの2つの命題は有界な関数はもちろん有界でない関数についても成立する。

ほとんどすべてのところで等しい2つの関数は同一の積分を持つ。

$f(x) \geq 0$ ， $\int_E f(x) dx = 0$  ならば， $E$  のほとんどすべてのところで  $f(x) = 0$  である。

### 付録 E.

$$\iint |\text{div } \mathbf{J}|^2 ds = 0, \quad \iint |\text{rot } \mathbf{J}|^2 ds = 0, \\ [\mathbf{n} \times \mathbf{J}]_{\sigma} = 0$$

であれば,  $\iint |\mathbf{J}|^2 ds = 0$  である.

証明 仮設より,  $s$  上に測度零の集合を除いて,  $\operatorname{div} \mathbf{J} = 0, \operatorname{rot} \mathbf{J} = 0$  かつ  $[\mathbf{n} \times \mathbf{J}]_s = 0$  なる故, 付録 B より,  $\mathbf{J} = \operatorname{grad} \varphi$  となる. 故に測度零の集合を除いて,  $\nabla^2 \varphi = 0$  となる. つぎに  $(\sigma \cdot \mathbf{J})_s = 0$  より,

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial \sigma} \right|_s = 0 \text{ となり, } \varphi \text{ は周上で定数となる.}$$

故に付録 C より,  $\iint |\nabla \varphi|^2 ds = 0$  すなわち,

$$\iint |\mathbf{J}|^2 ds = 0$$

(証終)

付録 F.

$$\iint |\operatorname{rot} \mathbf{K}|^2 ds = 0, \iint |\operatorname{div} \mathbf{K}|^2 ds = 0,$$

$$(\mathbf{n} \cdot \mathbf{K})_s = 0$$

であれば,  $\iint |\mathbf{K}|^2 ds = 0$  である.

証明 仮設より,  $s$  上に測度零の集合を除いて,  $\operatorname{rot} \mathbf{K} = 0, \operatorname{div} \mathbf{K} = 0$  かつ  $(\mathbf{n} \cdot \mathbf{K})_s = 0$  なる故, 付録 B より,  $\mathbf{K} = \operatorname{flux} \beta$  となる. 故に測度零の集合を除いて,  $\nabla^2 \beta = 0$  となる. つぎに  $(\mathbf{n} \cdot \mathbf{K})_s = 0$  より,

$$\left. \frac{\partial \beta}{\partial \sigma} \right|_s = 0 \text{ となり, } \beta \text{ は周上で定数となる.}$$

故に付録 C より  $\iint |\nabla \beta|^2 ds = 0$ . すなわち, 測度零の集合を除いて,  $\frac{\partial \beta}{\partial x} = 0, \frac{\partial \beta}{\partial y} = 0$  となる. 故に,

$$\operatorname{flux} \beta = \mathbf{K} = \operatorname{flux} \beta = \mathbf{i} \frac{\partial \beta}{\partial y} - \mathbf{j} \frac{\partial \beta}{\partial x} = 0$$

となる.

$$\therefore \iint |\mathbf{K}|^2 ds = 0$$

(証終)

付録 G.

まず, 二次元ベクトル  $\mathbf{F}$  を定義する. 平面  $s$  内の境界近傍の帯状の領域を  $\Delta$  とし, 残りの閉領域を  $s - \Delta$  とする. 「 $\mathbf{F}$  は, そのベクトル成分が,  $s - \Delta$  では多項式であり,  $\Delta$  では零であると定義する.」故に  $\mathbf{F}$  は  $\Delta$  と  $s - \Delta$  との境界なる零測度の集合を除いては多項式であるので, それ自身およびその偏導関数の絶対値の 2 乗は可積分であり,  $[\mathbf{n} \times \mathbf{F}]_s = 0, (\mathbf{n} \cdot \mathbf{F})_s = 0$  である.

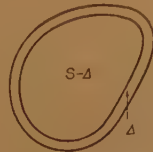


図 2 導波管の断面の領域  $\Delta$

Fig. 2—Region  $\Delta$  in the cross-section of a waveguide.

定理. そのベクトルの成分の絶対値の 2 乗が可積分である  $s$  上の任意の二次元ベクトル  $\mathbf{L}$  に関して, 任意の  $\varepsilon > 0$  に対して, 適当な上述の  $\mathbf{F}$  を見出して, 次式を成立せしめうる.

$$\iint |\mathbf{L} - \mathbf{F}|^2 ds < \varepsilon$$

この節では上の定理の成立することを示す訳であるが, これはつぎの補助定理 1, 2 より直ちに導きうる.

補助定理 1  $\mathbf{L}$  に関して任意の  $\varepsilon > 0$  に対して閉領域  $s$  で連続なベクトル  $\mathbf{C}$  を選んで, 次式を成立せしめうる.  $\iint |\mathbf{L} - \mathbf{C}|^2 ds < \varepsilon$ . (略証)

$$\mathbf{L} = i\mathbf{L}_x + j\mathbf{L}_y, \mathbf{C} = i\mathbf{C}_x + j\mathbf{C}_y \text{ とすると,}$$

$$\iint |\mathbf{L} - \mathbf{C}|^2 ds = \iint |\mathbf{L}_x - \mathbf{C}_x|^2 ds + \iint |\mathbf{L}_y - \mathbf{C}_y|^2 ds$$

右辺の 2 つのスカラの積分は, 実関数論<sup>(9)</sup>より, 任意に小ならしめうる.

補助定理 2 閉領域  $s$  で連続なベクトル  $\mathbf{C}$  に関して, 任意の  $\varepsilon > 0$  に対して, 上述の  $\mathbf{F}$  を選んで, 次式を成立せしめうる.  $\iint |\mathbf{C} - \mathbf{F}|^2 ds < \varepsilon$ . (略証)

閉領域で連続な関数は可積分である.

$$\begin{aligned} \iint_s |\mathbf{C} - \mathbf{F}|^2 ds &= \iint_{s-\Delta} |\mathbf{C}_x - \mathbf{F}_x|^2 ds \\ &+ \iint_{\Delta} |\mathbf{C}_y - \mathbf{F}_y|^2 ds + \iint_{\Delta} |\mathbf{C}_x|^2 ds \\ &+ \iint_{\Delta} |\mathbf{C}_y|^2 ds \end{aligned}$$

右辺, 第 3, 4 積分は,  $\Delta$  を小にすることより任意に小にしうる. また右辺, 第 1, 2 積分はスカラに関する Weierstrass の近似定理<sup>(10)</sup>より,  $\mathbf{F}$  を選んで任意に小にしうる.

## 文 献

- (1) S.A. Schelkunoff: "Generalized telegraphist's equations for waveguides", B.S.T.J., 31, 4, p 784, (July 1952).
- (2) R. Courant u. D. Hilbert: Methoden der Mathematischen Physik, II, p 471, (1937).
- (3) 同上, I, p 239, (1931).
- (4) 吉田他編, 応用数学便覧, 丸善, p 250, (1954).
- (5) P.M. Morse & H. Feshbach: "Methods of theoretical physics", I, p 52, (1953).
- (6) O.D. Kellogg: "Foundations of potential theory", p 211, (1929).
- (7) 清水幸夫: "彎曲した円形導波管に沿っての  $TE_{01}$  波伝送の理論", p 27, 通研成果報告 427 号 (1953-11).
- (8) E.C. Titchmarsh: The Theory of Functions, p 337, p 344, (1939).
- (9) 辻 正次: 実変数関数論, 清水書院, p 197, (1950).
- (10) 同上, p 53.

(昭和 34 年 9 月 25 日受付)



## 収束性の悪い数列の極限値を推定する方法\*

正 員 飯 島 泰 蔵

(電 気 試 験 所)

## 1. 序 言

最近電子計算機の発達によって従来不可能と思われていたぼう大な数値計算が比較的簡単に実行できるようになったことは喜ばしい限りであるが、数値計算上しばしば遭遇する逐次近似法の中には収束性が悪いために高速度の自動計算機によってもなお相当長い計算時間を必要とする場合がある。このような場合に近似値として逐次に算出される数列  $S_1, S_2, \dots, S_n$  の項数  $n$  をあまり多くとらないで、これに比較的簡単な手続きをほどこして一挙にその極限値  $S_\infty$  を推定する方法があれば非常に便利である。

この目的のため H.E. Salzer<sup>(1)</sup> は Lagrange 補外法を用いたかなり有効な方法を提案した。この方法では  $S_n - S_{n-1}$  が  $1/n^2$  程度の収束速度になる場合であると極めて良い近似値が得られるという点で非常に興味がある。たゞ残念なことに収束速度がこれよりも早かったり、あるいは逆に遅かったりすると近似性が悪化するという欠点が残されている。そこで数列の収束速度を積極的に利用して Salzer の方法を大幅に改良する道を開こうと企てた。本文ではこうした観点から筆者の得た方法<sup>(2)</sup>の概要を御紹介したい。こゝで述べる方法は、(i) 数列の持っている解析的性質をほとんど必要としないこと、(ii) 与えられた数列の収束性が悪いにもかかわらずわずかの項数と比較的簡単な計算だけでかなり精度の高い極限値が得られること、という利点がある。また、この結果は連立方程式の逐次解法や無限級数の総和法その他の逐次近似解法に、そのまゝ広く応用できるものである。

## 2. 関数の近似法

本節では“数列の極限値を推定する方法”の基礎となっている“関数の近似法”に関する理論の概要を述べる。

閉区間  $[0, X]$  で無限回連続的微分可能な関数  $f(x)$  が

$$f(x) = a + x^\varepsilon h(x), \quad \varepsilon > 0 \quad (1)$$

なる形で与えられるものとする。こゝに  $a, \varepsilon$  は共に常数、 $h(x)$  は  $h(0) \neq 0$  なる無限回連続的微分可能な関数とする。今この  $f(x)$  に対応して

$$\begin{cases} F_n(x) = a_n + x^\varepsilon H_n(x) \\ \text{たゞし } a_n \text{ は常数, } H_n(x) \text{ は } (n-1) \text{ 次の多項式} \end{cases} \quad (2)$$

なる関数  $F_n(x)$  を考え、 $F_n(x)$  によって  $f(x)$  を近似する方法について考える。まず

$$\begin{cases} 0 < \dots < x_2 < x_1 < X \\ \lim_{r \rightarrow \infty} x_r = 0 \end{cases} \quad (3)$$

なる可付番個の分点  $\{x_r\}$  を取り

$$\begin{cases} p_l(x) = 1 \\ p_l(x) = \prod_{i=1}^{l-1} (x - x_i) : l = 2, 3, \dots, \infty \end{cases} \quad (4)$$

なる関数列  $\{p_l(x)\}$  を定義する。 $p_l(x)$  は  $x_1, x_2, \dots, x_{l-1}$  で零となる  $(l-1)$  次の多項式である。これを用いて

$$\begin{cases} \alpha_1 = \frac{f(x_1)}{x_1^\varepsilon} \\ \alpha_l = \frac{\frac{f(x_l)}{x_l^\varepsilon} - \sum_{r=1}^{l-1} \alpha_r p_r(x_l)}{p_l(x_l)} \\ : l = 2, 3, \dots, \infty \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \beta_1 = \frac{1}{x_1^\varepsilon} \\ \beta_l = \frac{1}{x_l^\varepsilon} - \frac{\sum_{r=1}^{l-1} \beta_r p_r(x_l)}{p_l(x_l)} \\ : l = 2, 3, \dots, \infty \end{cases} \quad (6)$$

なる2つの数列  $\{\alpha_l\}, \{\beta_l\}$  を求めさらに

$$\begin{cases} a_n = \frac{\alpha_{n+1}}{\beta_{n+1}} \\ H_n(x) = \sum_{l=1}^n (\alpha_l - a_n \beta_l) p_l(x) \end{cases} \quad (7)$$

とおいて (2) に代入すればつぎの定理が成立つ。

## 定理 1

(2)~(7) で与えられる関数  $F_n(x)$  は

$$F_n(x_k) = f(x_k) : k = 1, 2, \dots, n+1 \quad (8)$$

\* A Method for Deduction of Limit Value of Certain Slowly Convergent Sequence. By TAIZO IJIMA, Member (Electrotechnical Laboratory, Tokyo). [論文番号 3241]

を満足する  $f(x)$  の近似関数である。

### 定理 2

定理 1 で与えられる  $f(x)$  の近似関数  $F_n(x)$  はつぎの式で評価される。

$$|f(x) - F_n(x)| \leq [x^\xi + x_{n+1}^\xi] \frac{p_{n+1}(0)}{\xi} \\ \cdot \sup_{0 < x_0 < X} \frac{1}{n!} \left[ \frac{d^n}{dx^n} \left\{ \frac{f'(x)}{x_0^{\xi-1}} \right\} \right] \quad (9)$$

### 定理 3

定理 1 で与えられた近似関数  $F_n(x)$  は極限において

$$\lim_{n \rightarrow \infty} F_n(x) = f(x) \quad (10)$$

を満足する。

### 系 1

$$a = \lim_{n \rightarrow \infty} a_n \quad (11)$$

### 定理 4

(5), (6), (7) で与えられる  $a_n$  は次式で表わされる。

$$a_n = \frac{f(x_{n+1}) - p_{n+1}(x_{n+1})}{x_{n+1}^\xi} \sum_{r=1}^n \frac{f(x_r)}{p_{n+1}'(x)(x_{n+1} - x_r)x_r^\xi} \\ - \frac{1}{x_{n+1}^\xi} - p_{n+1}(x_{n+1}) \sum_{r=1}^n \frac{1}{p_{n+1}'(x_r)(x_{n+1} - x_r)x_r^\xi} \quad (12)$$

以上の諸定理の証明はこゝでは省略する。詳細は文献<sup>(2)</sup>を参照されたい。

## 3. 単調数列の極限值を推定する方法

前節で得られた理論を用いて単調に収束する数列  $S_1, S_2, \dots, S_n, \dots$  の振限值  $S_\infty$  を推定する方法を考えよう。まず

$$x_r = \frac{1}{(N+r)} \quad (13)$$

とおけば  $x_r$  は明らかに (3) を満足している。与えられた数列  $S_1, S_2, \dots$  に対して

$$S_r^* = S_{M+r} \quad (14)$$

$$\text{とおき } S_r^* = f(x_r) : r = 1, 2, \dots \quad (15)$$

なる対応をつけたとき、もし  $f(x_r)$  が (1) なる形の関数  $f(x)$  の各分点における関数値であると看せざるならば、前節の理論によって

$$S_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} S_t = \lim_{r \rightarrow \infty} S_r^* \\ = f(0) = a = \lim_{n \rightarrow \infty} a_n \quad (16)$$

なる関係式を得る。したがって  $S_1^*, S_2^*, \dots, S_{n+1}^*$  なる  $(n+1)$  個の値から (12), (15) によって計算される

$a_n$  によって  $S_\infty$  の推定値が得られることとなる。

さて実際に数値的に与えられた単調数列の最初の有限項からその極限值を推定しようとする場合に、上述の理論が適用できるためには  $f(x)$  の形が (1) で与えられるようなものでなければならない。そのためには

$$\log |S_r^* - S_{r-1}^*| \\ \sim (-)(\xi+1) \log (N+r) + \text{const.} \\ : r \rightarrow \infty \quad (17)$$

なる漸近式が成立していることが必要充分である。この仮定を調べるには、両対数グラフに  $|S_t - S_{t-1}|$  と  $t$  との関係をプロットしたとき、 $t \rightarrow \infty$  に対して直線形に漸近するか否かを見ればよい。直線形に漸近しない場合はこの理論は適用できない。もし直線形に漸近するならば  $(N-M)$  なる整数を適当に選んで上記グラフの横座標  $t$  を  $t + (N-M)$  で置きかえ、 $|S_t - S_{t-1}|$  と  $t + (N-M)$  との関係がさらに直線形に近づくように調節する。この結果のグラフにおいて  $t = M+r$  とおき、 $r = 1, 2, \dots$  なる  $r$  に対して  $|S_t - S_{t-1}|$  なるすべての値がほとんど直線上に乗るように  $M$  なる値を決定する。この  $M$  とさきに求めた  $(N-M)$  とから  $N$  が決定する。また、このグラフの漸近直線の傾斜から  $(\xi+1)$  が求められ、したがって  $\xi$  が決定する。

以上の手続きによって  $N, M, \xi$  が決定するから、与えられた数列に対応する  $f(x)$  の形式が定まったことになる。これで前節の理論を適用する準備は整った。(13), (15) を定理 4 に代入して整理すれば  $a_n$  の計算式が求められる。これが  $S_\infty$  の推定値  $S$  である。すなわち、

### 定理 5

(14) で与えられる数列  $S_1^*, S_2^*, \dots, S_{n+1}^*$  および  $N, \xi$  が既知ならば数列の極限值  $S_\infty$  の推定値  $S$  は

$$S = \sum_{t=0}^n A_t^{(n)} S_{t+1}^* \\ \text{ただし} \\ A_t^{(n)} = (-)^t \frac{(N+t+1)^{n+\xi-1} \binom{n}{t}}{\sum_{s=0}^n (-)^s (N+s+1)^{n+\xi-1} \binom{n}{s}} \quad (18)$$

で与えられる。ただし  $\binom{n}{t}$  は 2 項係数を表わしている。

上の定理はつぎのように書きかえることもできる。

### 系 2

(14) で与えられる数列  $S_1^*, S_2^*, \dots, S_{n+1}^*$  および

$N, \varepsilon$  が既知ならば、数列の極限値  $S_\infty$  の推定値  $S$  は

$$S = S_1^* - \sum_{r=1}^N B_r^{(N)} \{S_{r+1}^* - S_r^*\}$$

ただし

$$B_r^{(N)} = \frac{\sum_{t=r}^N (-)^t (N+t+1)^{n+t-1} \binom{n}{t}}{\sum_{t=0}^N (-)^t (N+t+1)^{n+t-1} \binom{n}{t}} \quad (19)$$

で与えられる。

(18), (19) は同等の式であるが、数列の極限値を求めるには (18) が、級数の極限値を求めるには (19) が便利であろう。

#### 4. 例 題

##### 例 1

$$S_r = \sum_{t=1}^r \frac{1}{t^2} \quad (20)$$

なるとき  $S_r$  の極限値  $S_\infty$  を求めよう。

$$\log |S_r - S_{r-1}| = (-) 2 \log r$$

であるから (14), (17) から

$$\xi = 1, M = 0, N = 0$$

となる。そこで  $S_r^*$  の値を逐次計算すれば

$$S_1^* = 1.00000000 \quad S_2^* = 1.46361111$$

$$S_3^* = 1.25000000 \quad S_4^* = 1.49138889$$

$$S_5^* = 1.36111111 \quad S_6^* = 1.51179052$$

$$S_7^* = 1.42361111 \quad S_8^* = 1.52742205$$

となる。これらを (18) または (19) に代入して  $S$  を求めれば  $S = 1.64493397$

となる。一方  $S_r$  の極限値  $S_\infty$  は

$$S_\infty = \pi^2/6 = 1.64493406$$

であるから  $S$  は小数以下 6 桁まで正しい。 $S_1^* \sim S_8^*$  の値がすべて真値に対してわずか 1 桁しか合っていないことを考えると  $S$  の近似性が極めて良いことが判る。ちなみに  $S$  と同等の精度を  $S_r^*$  の直接計算で得るには  $r=10^7$  まで計算しなければならない。かような計算は電子計算機を用いても相当の時間が必要である。

##### 例 2

$$S_r = \sum_{t=1}^r \frac{\sqrt{t-1} \cdot \sqrt{t}}{\sqrt{t(t+1)}} \quad (21)$$

なるとき  $r \rightarrow \infty$  なる極限値  $S_\infty$  を求めよう。

$$\log |S_r - S_{r-1}| = \log \left\{ \frac{1}{\sqrt{r}} - \frac{1}{\sqrt{r+1}} \right\}$$

$$\sim (-) \frac{3}{2} \log r - \log 2 : r \rightarrow \infty$$

であるから

$$\xi = 1/2, M = 4, N = 0$$

となる。そこで  $S_r^*$  の値を逐次計算すれば

$$S_1^* = 0.59175172 \quad S_2^* = 0.66666667$$

$$S_3^* = 0.62203554 \quad S_4^* = 0.68377224$$

$$S_5^* = 0.64644662$$

となる。これら  $S_1^* \sim S_5^*$  を用いて (18) または (19) から  $S$  を求めれば

$$S = 0.99990$$

となる。一方  $S_r$  の極限値  $S_\infty$  は

$$S_\infty = 1.00000$$

であるから  $S$  は小数以下 4 桁まで正しい。ちなみに  $S$  と同等の精度を  $S_r$  の直接計算で求めるには  $r=10^9$  まで計算しなければならない。

#### 5. 結 言

通常逐次近似法を行なうときは指数関数的に極限値に収束することが望ましく、そのような場合は大抵数項の計算で充分高い精度が得られるものである。しかしあらゆる場合に指数関数的な収束速度を得ることは不可能で、ときには代数的次数の収束速度しか得られない場合がある。普通収束性が悪いと言われているのはこのような場合で、従来も数値計算上厄介視されてきた問題の一つである。ところが本法はこのような場合にはじめて有効な方法であるから、その効用は極めて大きいものと思われる。また本文では単調数列の場合だけについて述べたが、単調でない数列の場合もその部分数列を適当にとって単調な数列を選ぶことができるならば、それについて本法を適用すれば良い。

(なお Salzer の方法は本文における  $F_n(x)$  を単に  $n$  次の多項式とした場合に相当しているので、 $\xi=1$  の場合しか適用できなかったのである。本文で述べたような拡張によって代数的次数の収束速度を持つあらゆる単調数列の極限値が、非常に高い精度で計算できるようになった。)

#### 文 献

- (1) H.E. Salzer: "A simple method for summing certain slowly convergent series", J. Math. Phys. 33, p 356, (1954).
- (2) 飯島: "収束性の悪い逐次計算値から真値を推定する方法", 電試集報 24, 3, p 30, (1960).

(昭和 35 年 3 月 28 日受付)



## 海外論文紹介

## 電子的な音楽の合成

H.F. Olson, H. Belar, J. Timmer: "Electronic Music Synthesis", J.A.S.A. 32, 3, p 311, (March 1960). 松田亮一訳 [資料番号 4744]

RCA で製作された音楽の電子的合成器 Mark II を紹介している。音楽のおもな要素として周波数、音量立上り立下り特性、継続時間、ホルタメント、音色、ビブラートを考え、これらをそれぞれあらかじめ指定しておいて音楽を合成しようとするものである。

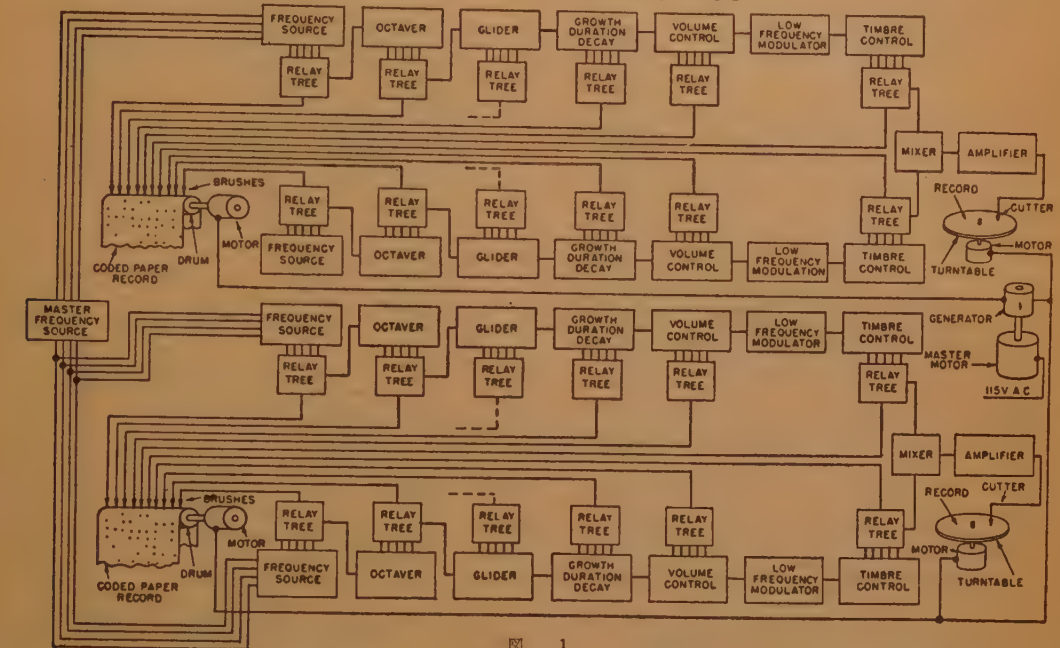


図 1

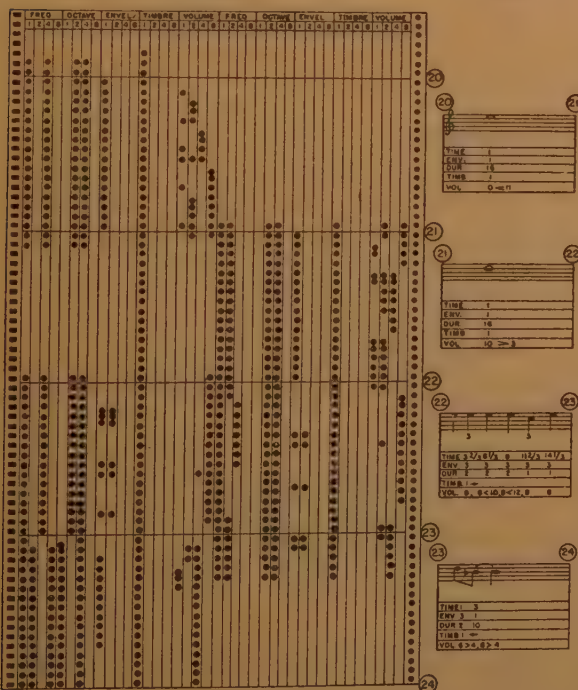


図 2

装置は図 1 のように、あらかじめ曲の内容にしたがってパンチされた記録紙による指令の読み込み部分、継電器群を用いた指令の変換部分、信号の制御部分、記録紙の送り速度に同期した円盤録音機とよくなる。これらはそれぞれ 4 channel あるので同時に 4 個の異なった音を発生できるわけである。

記録紙上の符号は 2 進数 4 単位符号であり、これによってたとえば音量、ビブラート等が 16 種類指定できるわけである。音源は平均率 12 音階  $C_0 \sim B_0$  に相当する 12 個の固定発振器でこれらを分周して  $C_0 \sim B_0$  まで 120 個の周波数を発生する。なお、平均率以外の任意の音階を作れるように 12 個の可変発振器 2 組をもっている。周波数は 12 音階のうちの 1 個を指定し、ついで第なんオクターブにあるかを指定することにより選出される。発振器の出力はきょ歯状波であるが、ろ波器、共振系の組合わせを指定することにより 16 種類の音色にすることができる。同様に信号の周波数が異なった周波数に移る時の周波数の動きつまりホルタメントを 16 種、波形の envelope 立上り立下り特性を 16 種、トレモロ、ビブラート（変調周波数 5~10 c/s）を 16 種のうちそれぞれ 1 種が指定される。図 2 にパンチされたテープと対応する楽譜の一例が示されているが、テープを毎秒 4inch の速度で送ると 4 分音譜を 4 hole の長さとして  $\text{♩} = 240$  が可能であることを述べている。

(富田委員)

新しい UHF 帯 TV 送信用格子制御管

W. Kleen : “*Neue gittergesteuerte Röhren für UHF-Fernsender*”, AEÜ 13, 11, p467, (Nov. 1959). 仁尾浩一訳 [資料番号 4745]

UHF 帯 TV 送信機の終段管として、クライストロンが  
良いか四極管が良いかということが問題になるが、この論文  
ではクライストロンと四極管とを比較し

- (a) 平均能率が良い
- (b) 空冷方式が可能である
- (c) 1 種類の真空管で UHF 帯全域の動作が可能である。
- (d) 電源設備が簡単でよい。

の4点で四極管が優れているとし、新しい四極管開発の理由  
としている。この論文に紹介されている 四極管 RS-1022 C,  
RS-1032 C は同期尖頭出力 2.2 kW および 10 kW のセラ  
ミック封じの空冷管で、直径 10 cm、管長 14 cm (RS-1022  
C) 直径 16 cm 管長 18 cm(RS-1032 C) 程度の大きさである。

両真空管はいずれも同軸構造で、陰極、制御格子、シャ  
ヘイ格子とも網目構造となっている。陰極材料としてはトリ  
ウムタングステンが使用され、尖頭電流において 1.2 A/cm<sup>2</sup> 程  
度の電流密度となっている。

両四極管を映像送信管として使用した場合の動作例を表 1  
に示すが、音声の FM 送信管として使用すれば、RS-1022  
C で 2 kW, RS-1032 C で 5 kW の出力を得ることができ、  
このときの能率 40~50% である。

この論文ではさらに送信機の出力を高めるために、Post-  
humus-Brücke を用いた真空管の並列運転について述べ、こ  
のとき生じる位相変調の原因およびその軽減方法についても  
述べている。最後に並列運転の一例として 4 本の RS-1022 C  
を使用した 10 kW TV 送信機をあげている。

表 1

|   |  | RS 1022 C | RS 1032 C |                        |
|---|--|-----------|-----------|------------------------|
| 1 | Anodenspannung   | 3,3       | 5         | kV                     |
| 2 | Schirmgitter-<br>spannung                                | 0,6       | 0,7       | kV                     |
| 3 | Außenwiderstand  | 1,1       | 0,8       | kΩ                     |
| 4 | Impuls-<br>spitzenleistung                               | 2,2       | 10        | kW                     |
| 5 | Steuerleistung bei<br>Impuls-<br>spitzenleistung         | 0,4       | 0,8       | kW                     |
| 6 | Leistungsgewinn<br>bei Impuls-<br>spitzenleistung        | 5,5       | 12,5      |                        |
| 7 | Wirkungsgrad<br>bei Impuls-<br>spitzenleistung           | 45        | 54        | %                      |
| 8 | Luftkühlung  | 3,5       | 10        | m³/min                 |
| 9 | Druckabfall bei<br>Luftkühlung ent-<br>sprechend Zeile 8 | 80        | 100       | mm<br>Wasser-<br>säule |

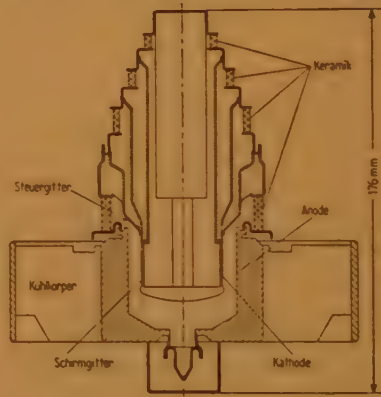


図 1

(副島(末)元委員)

波長 2 ミリ用の O 形カルシノトロン

M. Yeou-Ta : “*Carcinotrons du Type O Fonctionnant sur une Longueur D'onde de 2mm*”, L'onde Elec., 39, 391, p 789, (Oct. 1959). 小  
山次郎訳 [資料番号 4746]

100~200 Gc のミリ波を発生するための O 形カルシノト  
ロンの研究によって、140 Gc と 170 Gc 用のものが得られた。  
これらのカルシノトロンの選波回路は図 1 に示すように歯  
輪回路に 3 本の縦溝を入れたもので、この回路の第一空間高調  
波との相互作用で後進波発振が得られる。回路各部の寸法は  
表の通りで減衰を小にし、熱放散をよくするために、銅のブ  
ロックをフライス加工して得られたものである。ピッチが相  
当大きいので、従来の機械加工で十分な精度が得られ、熱的  
許容量も 200~300 ワットもある。

|       | $\rho$ | $h$ | $l$ | $d$ | $a$   | $b$ | $L$ | 単位 |
|-------|--------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|----|
| CO-21 | 0.2    | 0.5 | 1.1 | 0.3 | 0.075 | 0.1 | 15  | ミリ |
| CO-18 | 0.18   | 0.4 | 1.1 | 0.3 | 0.075 | 0.1 | 17  | ミリ |

回路の減衰に打勝って発振を起こすには最低 10 A/cm<sup>2</sup> 程

度の電子流密度が必要であり、これはカルシノトロンによる  
ミリ波発生の限界を決める大きな要素の一つである。カソ  
ードの最大電流密度には限度があるので (5 A/cm<sup>2</sup>)、集束電  
銃を用いて 80~100 倍に集束し、40~50 A/cm<sup>2</sup> の電子ビ  
ームを得た。横方向の電子の運動を極力おさえるために、カ  
ソード近傍でも磁力線の方向は電子ビームの集束方向とほゞ  
一致するように磁界が加えられる。

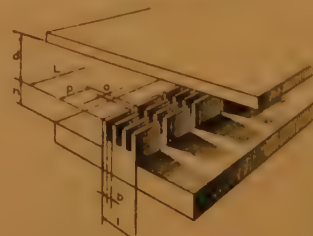


図 1

真空管全体の構成上  
の技術は 100 Gc 用カ  
ルシノトロンに使用さ  
れたものと同様である  
が、出力の矩形導波管  
はコパールのコレクタ  
上に放電加工であけら  
れ、回路の表面状態を  
改良するために、銅の  
切削法が改良され、清

掃は超音波洗滌でなされた。

こうして得られた Co-20 は 3.2 kV から 4.6 kV の電圧



図 2

### 大電流電子加速器における 酸化物陰極の使用

G. Dairdson, S. Ozaki and R. Weinstein :  
“Use of Oxide-Coated Cathodes in High Current Electron Accelerators”, R.S.I. **31**, 1, p31,  
(Jan. 1960). 川村光男訳 [資料番号 4747]

MIT 320-Mev のシンクロトロン電子源には、電流が 1 A の集束ビームで、4 日以上寿命を持ち、 $10^{-5}$  から  $10^{-6}$  mmHg の真空度で動作するような陰極を用いなければならない。このために種々の陰極を用いて実験を行ない、たとえばモリブデン・トリオ粉末を圧縮棒状にした陰極を用いたときは、100 ma の電流を得るのに入力が 100 W 以上にもなり使い物にならなかった。かくして最後に酸化物陰極を用いて実験し良好の成績を得た。すなわちこの電子銃はもともと Sperry Gyroscope Company で進行波管用に設計したもの

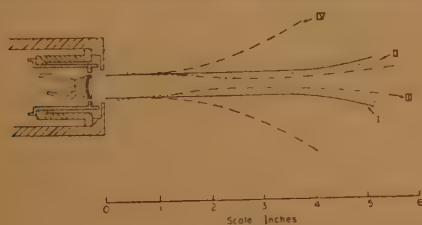


図 1

### 誘電体を利用した回路素子

G.T. Wright : “Solid-State Dielectric Circuit Devices”, electronics, **33**, 9, p 59, (Feb. 26, 1960). 菊池 誠訳 [資料番号 4748]

半導体を使った回路素子が充分能力を発揮できない領域に、新しく誘電体を利用して、温度に対して安定で、早いスイッチ作用、高い周波数特性のものができる可能性を指摘する。ここでは CdS 等もことさら半導体と言わず誘電体とよんでいる。

一般に絶縁体と金属とをつげると、容易に電流が流れない。その理由は二つある。一つは絶縁物の中の伝導帯が金属中のそれより高いので、電子はポテンシャルの階段をのぼら

変化に対して 133.5 Gc から 142 Gc の周波数の発振が得られ、回路に流入する電子流 40 mA のとき、出力は 5.4 mW である。電子ビーム集束用磁界は重さ 7 kg の永久磁石で与えられ、4000 ガウスである。また一方 CO-18 は電圧 4.24 ~ 4.76 kV に対して発振周波数は 162 ~ 167 Gc である。図 2 はこの球の外観である。

以上で永久磁石で集束された寿命の長い、波長 2 mm で出力 mW のカルシノトロンの製造が可能であることが確かめられた。遅波回路や電子銃が改良されて、100 A/cm<sup>2</sup> 程度の高密度の電子流が得られれば、200 ~ 250 Gc の波長が発生できる。そしてこのことは今後 150 Gc で連続出力 50 mW の球が作れることを意味する。

(小山委員)

に多少の改良を施したもので図 1 の構造をもち、直径 1/2 インチの酸化物陰極と陰極から 1/8 インチのところに加速電極のある構造で、パービアンスは  $3 \times 10^{-6}$  である。この実験では加速電圧 10 kV、シンクロトロンの繰返し周波数 6 c/s、パルス幅 1  $\mu$ s、電流 200 ma で、最初の 4000 時間での動作では陰極の平均寿命 190 時間、これは直熱形陰極に比べて、電流  $\times$  寿命が約 16 倍であった。しかしその後図 1 の電子銃で所期の電流を得るにはヒータ電圧を定格の 1.5 倍以上に保たねばならず、大部分のヒータが焼損することがわかったので少し設計を変え、図 2 のようにヒータ線を二重にしたり、内部の清掃、酸化物の再塗布などができるように陰極を可動形にした。この新しい陰極によって、200 mA で平均寿命 330 時間を得た。またこの陰極で 1 アンペア位の大電流を得ることも容易である。そして長寿命になった原因が細条の改良によるのか、トラップを挿入したことによるのかは不明であるが、とにかく  $10^{-6}$  mmHg という悪い真空度で 0.1 ~ 1 A の電流をとるのに、酸化物陰極が使用できるということがはっきりした。使用した酸化物陰極は炭化バリウム・ストロンチウムから活性化された Ba-Sr 酸化物陰極である。

(末武委員)



図 2

ねばならないこと。第二は絶縁物内の不純物や不完全性のために電子の走行が邪魔されることによる。CdS では、うまくやればこのような条件を取り除くことができる。

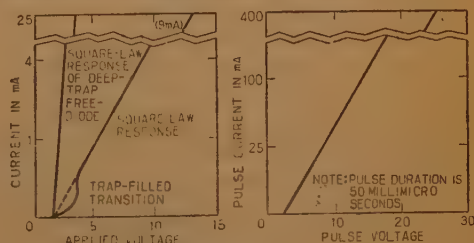


図 1



CdS でこのように二極管と対応をつけると、電流が流れるが、実際上とり除けない不純物のためにトラップ作用が生ずる。このため順方向電流は  $1\mu\text{A}$  以下から mA 位の間 ( $10\text{V}$  で) に散る。特性の一例は図 1 に示されるようなものである。

電流が小さい間は、トラップに流れこむが、トラップが一杯になると、後は空間電荷制限電流として大きな電流が流れ

得る。したがって実用的にするにはトラップ濃度を  $10^{18}\sim 10^{19}/\text{cc}$  位まで下げることが必要である。

この位低いトラップ濃度になれば、温度変化に対して特性は安定になり、( $+120^\circ\sim 190^\circ\text{C}$ ) の間で図 2 位の変化しか認められないことが判った。

スイッチ速度も  $10^{-8}\sim 10^{-11}$  秒という速い値が見込まれている。  
(菊池委員)

### 人工衛星用の太陽電池

R.M. Acker, R.P. Lipkis, R.S. Miller and P.C. Robinson: "Solar-Cell Power Supplies for Satellites", electronics, 33, 11, p 167, (Mar. 11, 1960). 菊池 誠訳 [資料番号 4749]

太陽電池は人工衛星にとって不可欠なものとなった。今日、効率やいろいろの点から材料はシリコンが最適とされている。

一つの問題は表面の  $p$  層の厚さである。薄くして太陽光の効率を上げたいが、一方これは層抵抗を大きくして変換効率を下げる。"Able" に使われたものは、最適値として  $1\mu$  を

選んである。

太陽電池の効率は温度が上がると下がる。室温から  $1^\circ\text{C}$  上がるごとに  $0.6\%$  下落する。逆に冷えると効率は上がるが  $-100^\circ\text{C}$  になるとこの効率変化は止まる。(図 1)



図 2

"Able-4" に利用された太陽電池の構造は、図 2 のようになっている。この構造には地球の圏外に出て、太陽光線が空気その他による吸収によってその分光特性を変えた場合を考慮してある。

実際の装置では、30ワットの出力で、常時  $1.6\text{A}$  を流すが、その内  $0.85\text{A}$  で各種の装置をはたらし、残りの  $0.75\text{A}$  で電池に充電しており、この電池には、14 個の Ni-Cd が 2 組使われている。この電池が放電し過ぎないように、カットアウトリレーが

入っている。

"Able-3" (すなわちエクスプローラ VI) には、これとほぼ同等の太陽電池が乗っている。

構造上の改良と効率の向上とがさらに望まれ、さらに将来は数年間も宇宙をまわることになるから、温度調節と、保護の問題とを真剣に解決しなければならない。

(菊池委員)

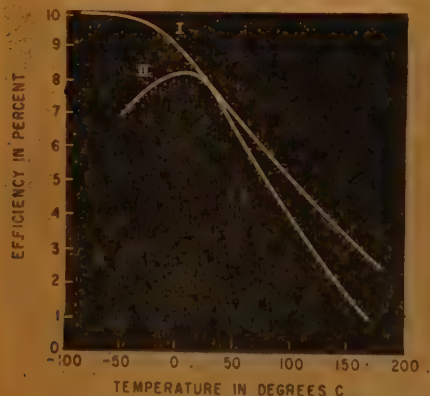


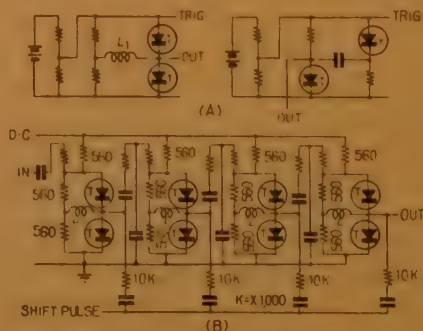
図 1

### 固体エレクトロニクス技術の最近の進歩

M.M. Perugini and N. Lindgren: "Recent Progress in Solid State Technology", electronics, 33, 10, p 39, (Mar. 4, 1960). 菊池 誠訳 [資料番号 4750]

Philadelphia での固体電子装置および回路の会議で発表または議論されたことが要約されている。

トンネルダイオードが小さくて安くて放射線に強く、回路が簡単であるという利点のためにひろく関心を集め、たくさんの回路応用が報告された。その応用は小信号の発振増幅と大信号のスイッチ動作とである。具合のよいことに、負性抵抗特性が非常に高い周波数まで保存されるので、簡単な等価回路でも  $700\text{Mc}$  程度まで成立する。図 1 はトンネルダイオードを使ったフリップ・フロップ回路の例である。



このような利点にもかかわらず、生産の段階での reliability と reproducibility に若干問題があり、また、高周波でも残る電気容量をなんとかしなければならない。それから、

回路での isolation にも問題がある。というような批判もはつきりして来た。

磁気薄膜は 1 Mc の shift register ができたが、製品の均一性に問題があることが指摘され、小形化については、0.15 cc の中に、トランジスタ 2,000 本に相当する計算回路を入れる見込みがついた。しかし、このような超小形化がで

きたとき、電源の問題と inductance 成分を作る問題とが残って来る。

この他クライオトロンで 13 段の shift register ができたと、フィリップスでエレクトレットと光伝導を組合わせた光整流器を作って報告したことが紹介されている。

(菊池委員)

## リング状半導体を用いたホール効果の測定

R.G. Pohl: "Hall Effect Measurement in Semiconductor Rings", R.S.I. 30, 9, p 783, (Sept. 1959). 服部健雄訳 [資料番号 4751]

ホール効果の測定に際して、従来の素子の形状では、半導体素子の長さを幅に比べて、充分大きくしたり、また、電流端子の端部効果をなくすなどの要求があり、また電圧端子の取付け方にも問題があった。その上、キャリアの移動度を決めるには、素子の比抵抗の測定も必要であった。本論文では、これらの問題点がリング状の半導体を用いることにより除去されることを示している。

いま、図 1 のようにリング状半導体の面を交流磁界に垂直に置けば、円周方向の電流が流れるから、移動度  $\mu$  の多数キャリアをもつ不純物半導体に対してホール電圧 (リング内部と外部間) は、単位を m.k.s. とすれば、次のようになる。

$$V_H = \frac{1}{8} \mu \omega B_0^2 (a^2 - b^2) \sin 2\omega t$$

ここで、 $\omega$  は磁場の角周波数、 $B_0$  は磁界の尖頭値、 $a, b$  はそれぞれリングの外、内の半径である。上の式はリング中の

変位電流が伝導電流に比べて無視できる場合として導かれたものである。なお、この素子の大きさの程度は、

$$2a = \frac{5}{8} \text{ in}, 2b = 1 \text{ in}, c = \frac{1}{8} \text{ in}$$

である。

このホール電圧の測定に当っては、上式に見る通りこれが磁場の周波数の 2 倍の周波数をもつので、急峻なフィルタを使って第 2 調波だけを取り出して測れば、リード線に現われる誘導電圧の影響を除去し得る利点がある。本論文では、ホール電圧が磁束の 2 乗に比例する関係から、図式的に移動度を求め、これが従来の値と一致することから上式を実証している。

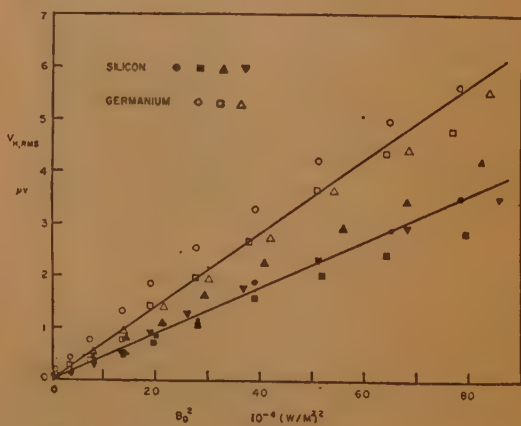


図 2

図 2 は本論文にあるゲルマニウムとシリコンについての測定結果である。測定結果のばらつきは、素子の温度のばらつき等によるものである。

(末武委員)

## 高周波トランジスタ増幅器設計の考察

D.E. Thomas: "Some Design Considerations for High-Frequency Transistor Amplifiers", B.S.T.J. 38, 6, p 1551, (Nov. 1959). 渡辺宅治訳 [資料番号 4752]

高周波トランジスタ増幅器の設計で、トランジスタの内部帰還による入出力の干渉が一番問題となる。これを避けるため中和とインピーダンス不整合による手段がある。この論文は Nyquist の定理と Bode の帰還理論を用いて、安定度の立場から 2 つの方法の相対的利点を検討したものである。

“中和”は真空管の出力入力間容量を中和するのと同じ意味で、エミッタ接地増幅器では普通トランジスタのコレクタ側から位相反転変成器を介して帰還回路をベースに接ぎ、コ

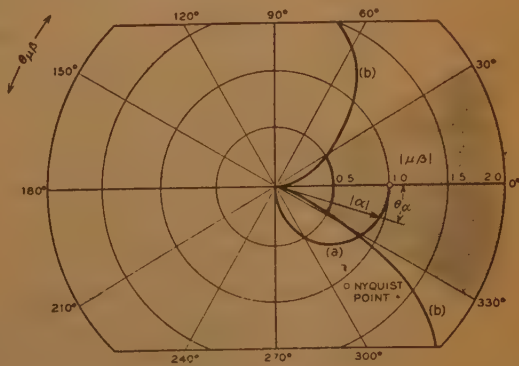


図 1

レクタ、ベース間容量を中和する方法であり、インピーダンス不整合による方法は負荷インピーダンスを整合インピーダンスより低くして、負荷の影響を少なくするものである。

トランジスタ増幅器は帰還増幅器と考えられるので、まずベース接地およびエミッタ接地単一段増幅器を取上げ、安定度を判定するため

Nyquist の定理を用いている。エミッタ接地接続の帰還ループゲイン  $\mu\beta$  を計算し、Nyquist ダイアグラムにかくと図1のようになる。低周波ベース接地短絡電流利得  $\alpha_0$  が1に近づくと、 $\mu\beta$  を表わす半円が Nyquist ポイント (1.0) に近づくと、増幅器はそれ自身で不安定になる。中心周波数 25 mc、帯域幅 4 mc のエミッタ接地中和増幅器の Nyquist ダイアグラムは図2となるので、(1.0) を含まず一応増幅器は安定であるが中和回路は帰還を一層正にするから、電池電圧変化、周囲条件でおきるようなトランジスタパラメータ変化によって、不安定になる。これに対し中心周波数 70 mc 帯域幅 6 mc のベース接地インピーダンス不整合増幅器の Nyquist ダイアグラムは図3であり、伝送帯域内で帰還は正で

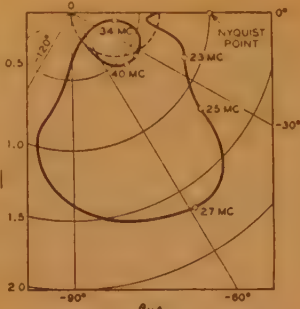


図 2

あるが  $\mu\beta$  の実数分はクリティカルな値 1 よりかなり小さく、伝送帯域を外れたところで本質的に 0 に近づくので安定である。しかし 10:1, 5:1 のインピーダンス不整合でそれぞれ 5 dB, 3 dB 以下の利得損失になるので安定度は改善されるが、一段当りの利得は減少する。

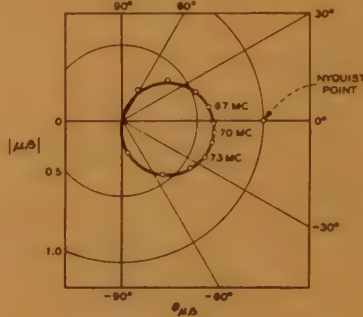


図 3

以上の比較からコストを下げ、最大利得をとろうとするのなら中和増幅器を選んでよいが、増幅器の故障が重大な通信回線の機能を損うところでは、一段当りの利得は中和増幅器より低くなるが信頼度

の点からインピーダンス不整合増幅器を推奨している。

終りに広帯域ビデオ増幅器の二、三のものについて検討するため、Bode の帰還理論を用いている。ビデオ増幅器の広帯域要求と Bode の“抵抗積分定理”にしたがって、インピーダンス不整合設計を推奨し利得変化に対して敏感な点は依然問題になるが、危険な発振を抑えて広帯域で高い利得をとることができるかと述べている。

(森永委員)

### トランジスタによる分布増幅器

C.W. McMullen: "Transistorized Distributed Amplifier", R.S.I. 30, 12, p 1109, (Dec. 1959).

服部健雄訳 [資料番号 4753]

トランジスタによるエミッタ接地型分布増幅器 (10 c/s ~ 290 Mc/s) の構成法について述べてある。

ベース接地型は、エミッタ接地形に比べて高周波での応答は優れているが、入力抵抗が低いから ( $R_i \approx 40 \Omega$ ) 利得の点

で、入力伝送線路の特性インピーダンス  $R_0$  を低く (約  $5 \Omega$ ) しなければならないので、著者は後者の形を採用した。

この増幅器 1 段は、4 セクションよりなっていて、4 個のトランジスタを基板上に 0.5 in の間隔で配置し、さらにシールド板や配線の間隔を極力つめて小形化を計っている。

図1は、この増幅器の1セクションの等価回路図である。図中の  $L$  や  $C$  の値は、実際のセッについて  $Q$  メータで測ったものである。ただし、図中の  $C_i, R_i, C_o, R_o$  は、低周波に対する計算値で、 $C_i, C_o$  にはリード線の

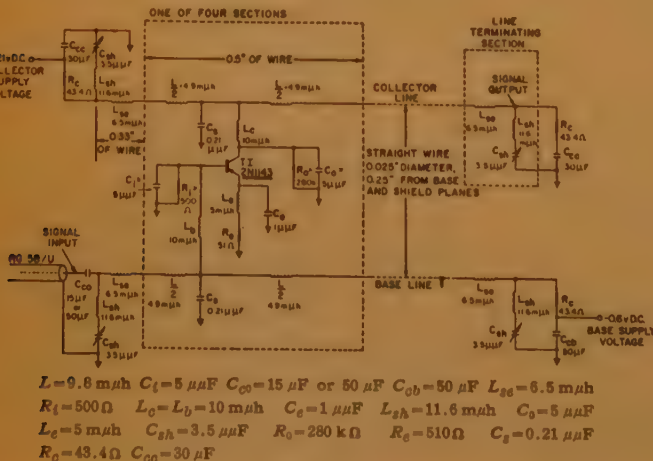


図 1

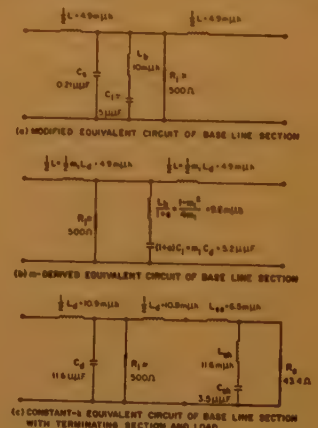


図 2



浮遊容量の測定値が加味されている。

コレクタおよびベース線路につなぐ終端部分の設計は、つぎの要領で行なう。まず第 1 図中のベース線路を近似的に図 2(a) に、さらに (b) のように書き換え、 $R_i$  を無視すればこれは誘導 M 形であるから、図 (c) のような定 K 形でおきかえて、終端部の各素子の値をきめることができる。

図 3 は、この増幅器の 1 段当りの利得の周波数特性で、中心周波数での利得 5.1 dB 上根周波数 (3 dB 減) は 290 Mc/s である。低い周波数では、図 1 中の  $C_{co}$  と  $C_c$  が利得に影響を与える。この状況は、図 3 中に示されている。また、高い周波数、たとえば、200 Mc/s では、 $R_i=150 \Omega$ ,  $R_o=300 \Omega$ ,  $g_m$ =低周波での値の 86% となり、 $R_i, R_o, g_m$  が減少するので、利得の減少が生ずる。

1 段当りのコレクタ電流は、20 mA D.C. で、コレクタ損失は、トランジスタ 1 個当り 100 mW、無わい最大出力電圧

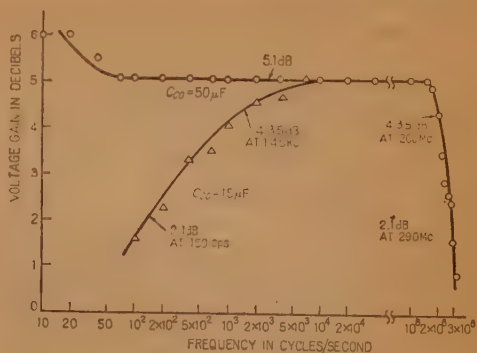


図 3

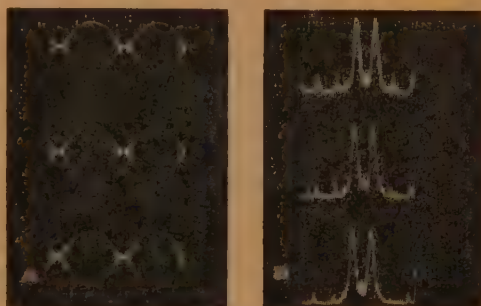
は、尖頭値で 0.25 V、また出力側での雑音電圧は 15  $\mu$ V 以下である。  
(末武委員)

### 新しい搬送波除去変調法

J. Dysinger, W. Whyland and R. Wood: "New Suppressed-Carrier Modulation Technique", electronics, 33, 6, p 47, (Feb. 5, 1960).

東口 実訳 [資料番号 4754]

搬送波除去振幅変調方式は AM 方式に比較して送信機の能率が改善し得ること、検波方式として能率のよいものを使えるといった点で有利である。この変調信号を得るために図 1 に示すように C 級の増幅器および変調器を用いる方法を提案している。すなわち搬送波除去振幅変調を位相変調と包絡線変調とに分けて考え、位相変調は 100% クリップを通した変調信号で平衡変調器をゲートすることによって行ない、こ



(A) 送信機出力波形  
変調周波数 = 500 cps  
シャヘイグリッドバイアス = -35, -30, -25 V  
(B) 出力信号スペクトラム

図 2

の搬送波信号を奇数倍に通信増幅した後に、全波整流した変調信号を終段の C 級シャヘイグリッド変調器に加えて包絡線変調を行っている。この二つの変調が同期しているので出力には搬送波除去振幅変調信号が得られる。なお 7 Mc の電信送信機を改造した場合の具体的な回路例をあげており、これによって得られた波形は図 2 に示すようであった。

(東口委員)

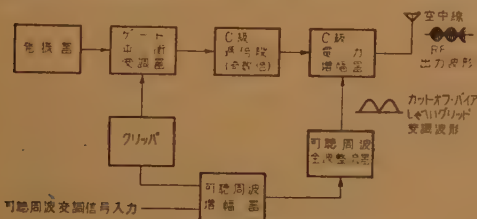


図 1 搬送波除去変調送信機系統図

### 部分的にフェライトで負荷した導波管の磁気回転状態

H. Seidel and R.C. Fletcher: "Gyromagnetic Modes in Waveguide Partially Loaded with Ferrite", B.S.T.J. 38, 6, p 1427, (Nov. 1959). 吉田信一郎訳 [資料番号 4755]

この論文はまずフェライトを一部にもつような矩形導波管においてその広側面ならびに管軸に垂直に外部磁場を加えた場合、波の周波数がシャ断以下のとき伝ばするいわゆる磁気回転状態波は一方にのみ伝ばし、かつ損失が大きいことを示し、この状態を利用した図 1 のごときストリップ線路による共振形でない新しい形のアイソレータを提案している。すなわち順方向逆方向の姿態はそれぞれいわゆるフェラ

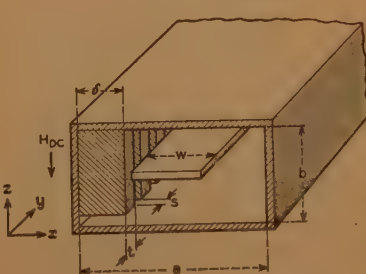


図 1

イトーメタル姿態、フェライトーエアー姿態で伝ばするものと考えられ、吸収は円偏波に関係なく共鳴吸収点で起こらない。その実験例によると 5 Gc 帯で 30% 帯域

幅にわたり逆、順方向損失比 10 以上を得ている。

ついで、これらの姿態は一方向性のものであるから純リア

クタンス・アイソレータができそうであるが、これはエネルギーの考察から不可能であることを示し、Button, Lax によるフェライト-誘電体変位リアクタンスアイソレータおよびフェライトの電界最大面に銅箔を貼った電界変位形リアクタン

スアイソレータについて実験の結果、損失の原因は反射損ではなく吸収損であることを示しリアクタンスアイソレータに関する Button, Lax の奇論を解決せんとしている。

(吉田委員)

### らせん内部導体をもつ同軸共振器

W.W. Macalpine and R.O. Schildknecht :  
"Coaxial Resonators with Helical Inner Conductor", I.R.E. 47, 12, p 2099, (Dec. 1959).

岡村宗治訳 [資料番号 4756]

HF および VHF 帯で  $Q$  が 1000 以上の実用的な大きさの共振器を作ることができる。これは図 1 のような構造をもち、内部導体がらせんに巻かれている点を除けば、同軸線路の 1/4 波長共振器と同じである。この方法によって、 $Q$  が数百から 1000 でよいときは、UHF 帯の共振器を小形化できる。たとえば無負荷の  $Q$  が 1000 である 10 Mc らせん共振器は直径約 6 inch 長さ約 8 inch であり、2000 Mc 用  $Q$  が 200 の小形共振器は直径 1/10 inch 長さ 1/8 inch である。

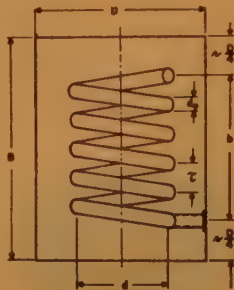


図1 共振器の構造

代表的な無負荷  $Q$  および共振周波数  $f_0$  に対し、大きさの目安として、円筒シールドの内径を図 2 に示した。らせん共振器が適している範囲は 2 本の点線の間である。さらに  $Q$  および  $f_0$  が高くなると、ふつうの同軸共振器がよく、 $Q$  および  $f_0$  が低くなると、集中 LC 回路がよい。

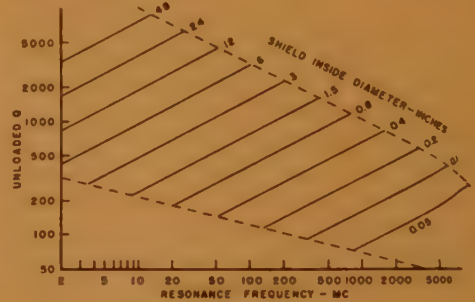


図2 らせん共振器の無負荷  $Q$

従来シールドしない 1 層のソレノイドの  $Q$  について広く実験的な仕事が行なわれているが、ここで述べる方法は、設計が簡単である。無負荷  $Q$  は  $50 \times (\text{シールドの直径 [inch]} \times (\text{共振周波数 [Mc]})^{1/2})$  に等しい。シールドの長さはその直径より約 30% 大きくとり、らせんの直径はシールド内径の 0.55 倍にとる。計算で予測した無負荷  $Q$  は  $\pm 10\%$  の精度を有することが実験により確かめられた。

この論文はシールドの内径やコイルのピッチ、巻き数を求める計算図表の他に、シールドの効果を考慮したソレノイドのインダクタンスの式、キャパシタンスの実験式を挙げ、コイルやシールドの抵抗値を求めて無負荷の  $Q$  を決める式を導いている。さらに、種々な大きさの共振器の間に成立つ比例関係や電力定格も述べている。

(吉田委員)

### 電波伝はん研究のための Fading rate 記録装置

J.W. Koch, W.B. Harding and R.J. Jansen :  
"Fading Rate Recorder for Propagation Research", Electronics, 32, 51, p 78, (Dec. 18, 1959). 奥村善久訳 [資料番号 4757]

この装置は HF、VHF 帯における平均 fading rate と受信電界強度とを同時にかつ連続的に記録するためのもので、ほぼ 0~300 cps にわたる fading rate が記録紙上に記録できる。この装置の構成は図に示すようなもので、この入力 AGC 回路の時定数が 12 秒以上の受信機 IF 出力から得られ、100~455 kc の範囲の中間周波数に対して接続可能に設計されている。長い時定数にしてあるのはこの装置の積分周期にわたって受信機利得を維持するためである。図において difference amp. の 2 つのグリッドには 2 つの cathode follower からの積分された平均信号レベルと瞬時信号のエンベロープが加えられるので、その出力電圧はその平均値を中心にして信号の変動に応じて変化する。この出力はパルスに変換され、整形されて one-shot multivibrator に加えられる。レコーダへの出力電圧は one-shot multivibrator の

毎秒当りのパルス数に比例するので、レコーダの指示は fading rate と直線関係にある。この装置には正弦波の発振器が内蔵されていて、1~50 cps までの毎秒当りの回数が校正できる。外部発振器を挿入すれば 300 cps までの測定が可能である。なお、この装置では搬送波のフェージングと搬送波に

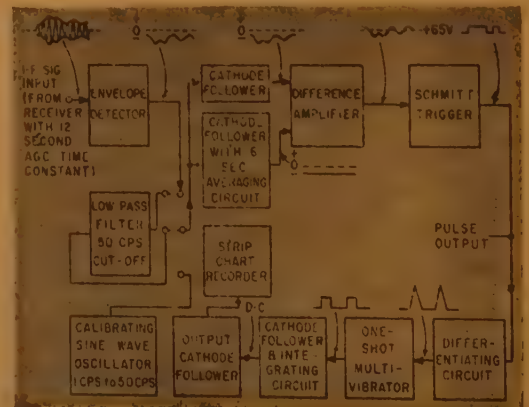


図3 Fading rate 記録装置のブロック図

故意にかけられたあるいは付随して生ずる振幅変動とを区別できないので、この AM 成分を除くために fading rate が 50 cps 以下である場合、シャ断周波数が 50 cps の low-pass filter を envelope detector と初段の cathode follower の間に挿入できるようにしてある。

ここで注意すべきことは、この装置で記録される fading rate は、信号の平均レベルを正の傾斜で横切る毎秒の回数で

あって、従来定義されているような中央値レベルを横切る回数は異なることである。

なお、この装置のくわしい回路図および写真が掲載されており、また HF における記録例が示されているが、オーロラ・ゾーンを通る HF では 20 cps 以上の fading rate が出現している。

(森永委員)

## ホーン・レフレクタ・アンテナの広帯域整合

von H. Laub : "Breitbandanpassung von Hornparabolantennen", Frequenz, **13**, 12, p 390, (1959). 相馬昭二訳 [資料番号 4758]

開き角  $40^\circ$  の Siemens 製ホーン・レフレクタ・アンテナと 71.42 mm  $\phi$  円形給電系との接続変換部の広帯域整合の設計原理と測定結果とを紹介したものである。i) 変換部における高次姿態の発生は無視し得る。ii) 各点の特性インピーダンスは位相変化はない、と考え、変換部の長さを短くすることよりも整合をよくすることを主眼にして、反射係数が  $e^{-k^2(2\frac{y}{l})}$  なる Gauss 分布となるように設計する。( $e^{-k^2} = 0.01$ ,  $l$ : 変換部の長さ,  $y$ : 中心よりの位置) まず設計に必要な円形導波管・角すいホーン・円すいホーンの界インピーダンスの理論式を示し、計算結果を図表にしこれを用いて設計を行っている。角すいホーンの入力として最も波長の長い 3.6 Gc でインピーダンスが平面波の 1.02 倍、すなわち  $Z_0 = 1.02Z_0$  の条件より 217 mm $\phi$  と選ぶ。217 mm  $\phi$  開き角  $40^\circ$  の円すいと 71.42 mm  $\phi$  円筒との変換に必要なインピーダンス分布を求めると図 1 のようになる。この

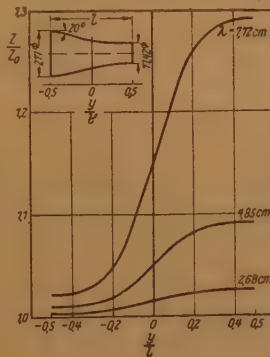


図 1

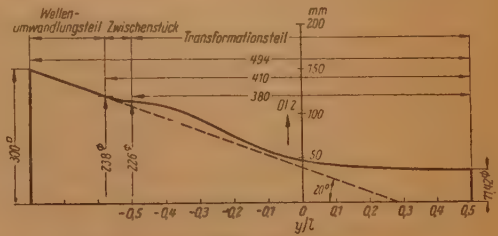


図 2



図 3

インピーダンス変化に対応する形状変化を計算式と図表により求めるのであるがこのまゝでは低インピーダンス側で適当でない。そこで 217 mm  $\phi$   $40^\circ$  と同じ界インピーダンスの 226 mm  $\phi$   $12^\circ$  を選定してインピーダンス変換を行ない図 2 に示すように開き角度の変換・円断面から方形への変換を行なった。この部分の形状は実験的に求めたもので、全長約 500 mm となっている。この変換部をホーン・レフレクタ・アンテナに接続して測定した結果は下表に示すごとく、全帯

表 1

| Frequenzbereich | Reflexionsfaktor $r$ in % bei |                         |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|
|                 | Vertikal-polarisation         | Horizontal-polarisation |
| 3.6—4.2 GHz     | $\leq 8$                      | $\leq 5.5$              |
| 5.9—6.65 GHz    | $\leq 5$                      | $\leq 4.5$              |
| 10.6—11.8 GHz   | $\leq 2.5$                    | $\leq 3.5$              |

域で  $r \leq 10\%$  を満足している。ちなみに測定精度は 2% 以下、写真を図 3 に示す。(森永委員)

## 伝送路網の複雑性

L.G. Abraham : "The Complexity of the Transmission Network", Bell Lab. Rec. **38**, 2, p 43, (Feb. 1960). 沢田新一郎訳 [資料番号 4759]

今日の電話サービスにおいては多数の電話局間を結ぶよう大かつ複雑な伝送路網が要求される。数だけでなく方式の種類もまた極めて変化に富んでいる。なぜこのように複雑になるのであろうか。

ある 2 都市間に通信回線を作る場合、方式を決定する要素として所要回線長、地形条件、所要最大回線数、既設方式との関係、伝送品質、歴史的な要因等、各種の条件を考え合わせて経済的に最適な方式が決定される。しかし実際には多数の都市間を相互に連絡しなければならぬから、各区间でい

ゆる「最適」方式を採用すれば大量生産の点でかえって不経済となり、保守者も混乱して収拾のつかないものとなろう。今日建設されている方式はいずれも標準化の上で必要な最少の種類に止め、しかも全体として経済的であるように選定されている。

表 1 表 2 は現用の短距離および長距離伝送方式を示し、図 1 は各方式の ch マイル当りの相対年経費を比較したものである。たゞし多重端局、信号交換関係の共通費は省略し、大体 100 マイル以上の回線について示した。図 1 のごとく現用方式は大体主要な傾向線に沿っている。これ以外の最適方式を考えても大差は生じないと思われる。

本文は方式選定の要因を例を挙げて説明している。たとえばフロリダ、キューバ間は 160 マイルで、陸上ならば TD 2 または TJ 方式の領域であるが、海峡があるため見通外無線



表 1

| Short Haul System  | Transmission Medium | Line Frequency Range in Miles* | Maximum Length | Maximum Number of Telephone Circuits |          |
|--------------------|---------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------|
|                    |                     |                                |                | Per Route*                           | Per Unit |
| 2W-VF              | Open Wire           | 200-3400 cps                   | 200            | 12                                   | 1        |
|                    | Cable Pairs         | 200-3400 "                     | 100            | 450                                  | 1        |
| 4W-VF              | Cable Pairs         | 200-3400 "                     | 500            | 225                                  | 1        |
|                    | Open Wire           | 4.6-30.7 kc                    | 500            | 60                                   | 3        |
| C                  | "                   | 36-143 "                       | 800            | 144                                  | 12       |
| O                  | "                   | 2-156 "                        | 150            | 300                                  | 16       |
| N                  | Cable               | 44-260 "                       | 200            | 690                                  | 12       |
| ON                 | "                   | 36-268 "                       | 200            | 1000                                 | 20-24    |
| ON/K               | "                   | 68-136 "                       | 200            | 120                                  | 12-16    |
| TJ                 | Radio               | 10.7-11.7 kmc                  | 200            | 720                                  | 48-240   |
| Non-W.E. Microwave | "                   | 5.9-6.4 "                      | 150            | 180                                  | 48       |
| P                  | Open Wire           | 8-100 kc                       | 25             | 14                                   | 4        |

\* Data in these columns are representative.

方式が採用された。また戦争や暴風雨地震等を考慮して、近接ルートに2方式を併用することが多い。端末施設にも、負性抵抗中継器、集線装置等が導入され、将来はPCM方式も採用されよう。その他広帯域伝送、データ伝送、TV、TASI等新サービスに対応するため伝送路は益々複雑化する傾向にあるが、にもかかわらず Bell System における種々雑多な条件の下で、必要な多数の回線を理論上最も最小のコストで作ることは可能であったと述べている

表 2

| Long Haul System | Transmission Medium | Line Frequency Range | Representative Number of Telephone Circuits |           |
|------------------|---------------------|----------------------|---|-----------|
|                  |                     |                      | Per Broadband                               | Per Route |
| K                | Cable Pairs         | 12-60 kc             | 12  | 720       |
| L1               | Coaxials            | 64-3096 "            | 600   | 1800      |
| L3               | "                   | 308-8320 "           | 1860  | 5580      |
| TD-2             | Radio               | 3700-4200mc          | 600   | 3000      |
| TH               | "                   | 5925-6425 "          | 1800  | 10800     |
| O/H*             | "                   | 800-2200 "           | 36-120                                      | 120       |

\* Over the horizon.

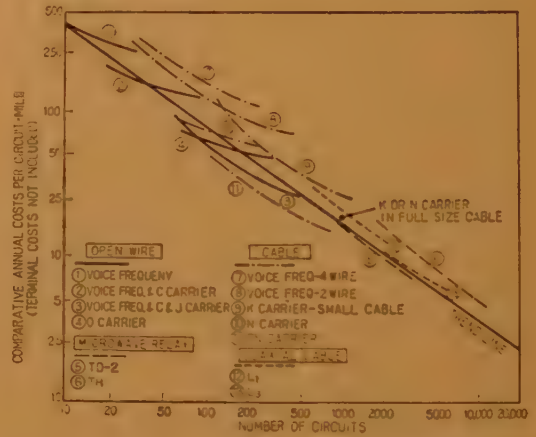


図 1

(日本郵政)

### 中距離用搬送端局装置-帯域外信号組込

E.T.C. Harris and K.C.A. King: "A Medium-Distance, Built-in Out-band Signalling, Carrier Terminal Equipment", P.O.E.E. 52, 2, p 122, (July 1959), 3, p 179, (Oct. 1959). 天野昇知訳 [資料番号 4760]

この装置は英国郵政が主として対地間回線用に使用し標準の4kc間げきのものより安価な通話路変換装置を得るために作られたもので、群周波数帯域までの変復調部のみで構成されている。通話路搬送波は12kcより6kc間隔で54

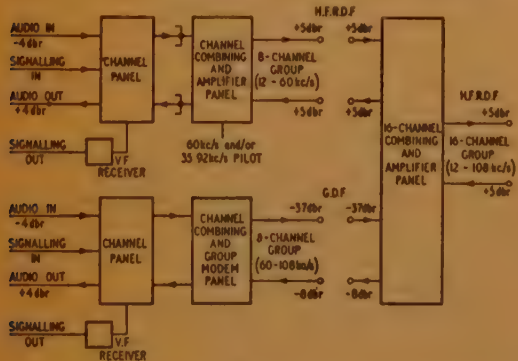


図 2

kcまで得られた8通話路、SSBの12-60kcを群搬送波120kcにより群変調する。信号周波数は4.3kcである。装置は基準となるA形と回線数の増大に応じB形、C形が追加使用される。架の構造はUCPと類似の51形を使用する。

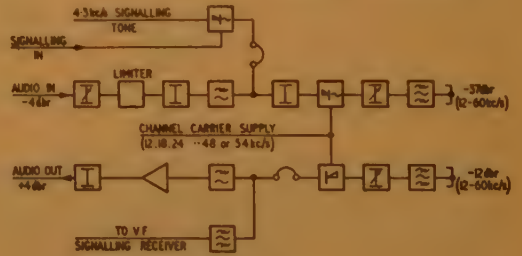


図 3

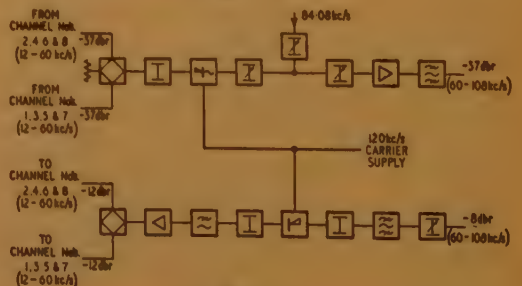


図 3

図 1 は各部分の相互接続を示し、図 2 は通話路、図 3 は通話路結合部と群変復調部を示す。周波数特性は送信および受信でそれぞれ C.C.I.T.T. 規格の 1/4 になった。振幅特性は送信側の音声部分に挿入された電圧リミッタにより試験レベルより 6 dB 以上は高くならないように抑圧する。

通話路搬送波は単独の水晶発振器より供給され、群搬送波、信号用およびパイロットは 2 組準備し切替装置を持っており、これらは 5 群に供給できる。

信号の 10 PPS における総合ひずみは送信側の連絡ケーブルを含めレベルが +3~-7 dBm の範囲で  $\pm 2.5$  ms であり、さらに 2 リングの直流中継の場合をも考慮する。無信号時に“on”あるいは“off”のいずれにも使用できる。交換局と搬送端局間の連絡線が 10 lb/mile (0.65 mm) ケーブルで 5 マ

イル、20 lb/mile (0.9 mm) ケーブルで 10 マイルまで使用できるようにしてあり、パルスによるケーブル内の漏話の抑圧のために簡単な低域ろ波器を挿入してあり、信号電流は 4 W の重信と接地間を使用する。信号レベルは試験レベルより 20 dB 低い。発信回路はダイオードによるスタチック継電器を使用する。v.f. 信号受信器は 2 個の双三極管を使用し自動利得調整を行ない 2 B 形電信継電器を駆動する。

電源は交流かあるいは中継局電池電源を使用し高圧は 130 V である。電源、ヒューズの障害と 120 あるいは 60 kc の切替のときに警報を出す。この装置は Middlesbrough-Newcastle ルートの現場試験を終了し、その結果により改良されサービスに供される予定である。

(貝塚委員)

## 新しい高容量マイクロウェーブ 中継方式

C.G. Arnold, V.E. Isaac, H.R. Mathwick, R.F. Privatt and L.E. Thompson: “A New High-Capacity Microwave Relay System”, Comm. & Electronic, 45, p 712, (Nov. 1959).

大谷津透訳 [資料番号 4761]

民間や軍部の要求に応ずるために設計された高容量多中継の MM-600 中継方式を解説する。特性の向上のために新技術を動員し、周波数帯 1700~2300 Mc 周波数変調方式電話 600 あるいは白黒またはカラー TV 1 回線を伝送し平均 30 マイルごとの中継で全長 4000 マイルの回線構成が可能である。変調度は CCIR の割当計画の勧告に合うように定めた上記帯域で 6 ルートを取っている。周波数ダイバーシティにより回線の信頼度を増す。サービス回線（遠隔制御用）は通話回線と一所で無線機の規格は CCIR の 1550 マイルの動作標準による。通話回線に対しては遅延特性の補償カラー TV に対してはディファレンシャル位相の補償を行ない規格の保持に努力している。MM-600 方式は、端局用、ドロップ用、中継用の 3 つの形の機器をもち、方式としては一方方向テレビで反転可能のもの、2 方向テレビで独立に反転可能のもの、テレビ伝送用で通話用のダイバーシティテレビの保護用があ

る。プロテクション回路、無線端局、ドロップ中継局、ビデオ端局の各ブロックは図に示す。特にドロップ中継局の特長は 60~300 kc 60 ch の電話回線を挿入できる送信局発をもち、これにより方式の融通性を増している。基本的な事項で機械的設計は、筐体がキャビネットタイプでスライディングラックをもち床面積を節約するよう努力してある。端局用送受信機の各部はブロック図に示す。アンテナ方式はふく射器の機構が独得の設計で能率よくしかも軽量になっている。アンテナ利得は 1700 Mc で 32.6 dB 2300 Mc で 36.5 dB ビーム幅 4~2.8° VSWR は 2000 Mc で 1.03, 400 Mc の帯域で 1.06 以下で 3 組の送受信機が同じ極性で接続される。給電線は同軸形と導波管形とあり電話 240 または白黒 TV の場合は同軸それ以外の場合は導波管を使用する。サービス回線は音声 1 回線を使用し、中継ルート中のいずれの局も通話回線と独立して監視できる。オーダ・ワイヤ装置は局部オーダ・ワイヤ装置と保守センタ間エキスプレスオーダ・ワイヤ装置がある。警報装置は自動質問装置により 6 秒間で 15 局の 4 種の状態を調べ、これは手動により撰択調査もできる。試験装置としては、保守用に微分特性および遅延特性測定装置をもつ。その他送信出力は 15 W 最大周波数偏移 4 Mc フェージングマージン 49 dB 受信機帯域 30 Mc である。

(森永委員)

## 非線形容量による周波数通倍— 回路解析

D.B. Leeson and S. Weinreb: “Frequency Multiplication with Nonlinear Capacitors—A Circuit Analysis”, I.R.E. 47, 12, p 2076, (Dec. 1959), 中村嘉男訳 [資料番号 4762]

非線形容量を使って効率よく周波数通倍を行なえることは、最近かなり注目をあびている。Page によると理想的ダイオードを使った場合、効率は  $1/N^2$  ( $N$  は高調波次数) であるが、一方 Manley and Rowe によると無損失非線形リアクタンスを使えば、理論的には無損失で周波数通倍が可能である。本論文は非線形容量を使った周波数通倍器の回路解析を行なって、設計の基礎を与えている。

非線形素子周波数通倍器において、(1) 非線形素子と付随

する線形回路は無損失、(2) 電力は希望高調波においてのみ消費され、高調波電力は電源では消費されない、(3) 電源は基本周波数において共軛整合しているとき、その効率は 1 である。本文は条件 (1), (2) が満たされているとして、図 1 またはそれと相対な等価回路について条件 (3) を満たす方法を解析によって求めることを主目的とし、条件 (1), (2) の成立しない場合についても論じている。

非線形素子が無損失で、小信号動作のとき、 $Q-V$  特性は  $Q_0$  を直流動作値、 $q$  を正規化交流成分とすると、

$$Q = Q(V) = Q_0(1 + q) \quad (1)$$

一方  $Q(V)$  を動作点近傍で Taylor 展開し、式 (1) と等値 ( $\alpha_k$  は係数、 $v$  は正規化交流成分) して、

$$q = \sum_{k=1}^{\infty} \alpha_k v^k \quad (2)$$





ける電子回路の動作試験、30~2000 c/s における振動試験、検出コイルの回転軸と地球磁場との角度に対する歳差信号の

関係等について実験的に求めた結果が述べられている。

(関本元委員)

### 繰返周波数 30 Mc/s のミリマイクロ秒パルス観測用サンプリング・オシロスコープ

A.S. Farber: "Sampling Oscilloscope for Millimicrosecond Pulses at a 30-Mc Repetition Rate", R.S.I. 31, 1, p 15, (Jan. 1960).

古川静二郎 [資料番号 4764]

パルス波形の高感度観測法として注目されているサンプリング・オシロスコープについて、特にパルスの繰返周波数が高い場合を対象とした装置の製作および実験報告である。

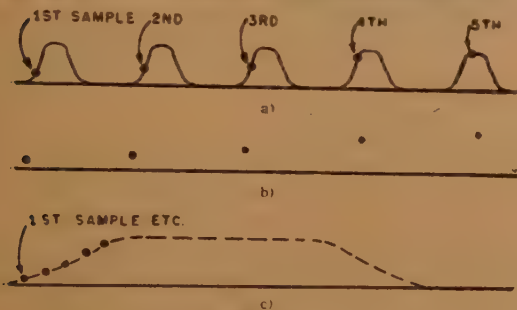


図 1

図 1 (a) に示すようなパルス列があるとき、各パルスから異なった位相の電圧を同図 (b) のようにサンプリングして取り出し、それを掃引時間の遅いオシロスコープで同図 (c) のように観測するのがその原理で、帯域幅のせまいオシロスコープを使っても波形ひずみが小さいという特長がある。実際の装置のブロックダイアグラムを図 2 に示す。ここで、サンプリングの位相をきめるゲートパルスは、掃引電圧で容量の変わる非直線コンデンサによって位相が掃引された交流電圧(周波数 31.25 Mc/s)を、灯台形 3 極管 2 C 39 A で増幅し、つぎに 1 端短絡同軸線路で微分し、さらにペンシル管

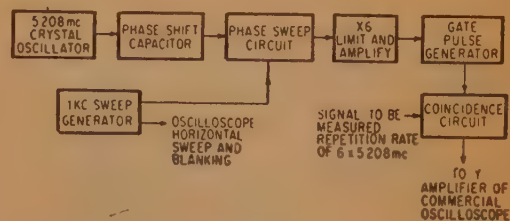


図 2

5876 でクリッピングして得ている。またゲートパルスと一致した位相の被測定電圧を取り出す「共回路」は図 3 に示す

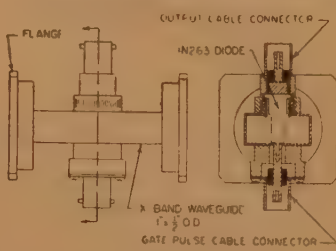


図 3

構造で、被測定電圧(パルス変調された X バンドのマイクロ波)は導波管に加えられ、ゲートパルスは導波管に直角に挿入された鉍石 IN263 の下部端子に加えられる。ここで、この鉍石は適當時定数回路(時定数約 1 μs)によって常時負の方向にバイアス電圧が印加された状態にあるが、ゲートパルスが来たときだけその動作点が零にもどるので、マイクロ波整流電流が上部端子を通して流れ出る。

この装置で実際に幅 1 mμs のパルス状マイクロ波(10 kMc/s)の包らう線を観測できた。最大偏向感度 1 mV/cm のオシロスコープを使用した場合、この装置の総合感度、すなわちブラウン管上輝点の振れに対する被測定波電力の比は 10 μW/cm 程度であった。なお観測できるパルス立ち上がり時間の最小値はゲートパルスの幅(0.3 mμs)でおさえられた。

(末武委員)

### 電気的スキャン方式による赤外像の検出

M.E. Lasser, P.H. Cholet and R.B. Emmons: "Electronic Scanning System for Infrared Imaging", I.R.E. 47, 12, p 2069, (Dec. 1959).

伊藤昇司訳 [資料番号 4765]

従来赤外イメージを作る方式として、機械的に scanning する方法、photomissive image tube, vidicon や photo conduction tube 等を使用する方法等が考案され、使用されているが、いずれも scanning speed, 波長感度、内部抵抗等に一長一短を有している。本論文は電気的に scanning して高速度でしかも長波長まで感度をもつ新しい方式についての説明がなされている。

図 1 はその原理図であり、本装置の中心部をなすのは camera tube (scanner tube) であって tapered tube になっ

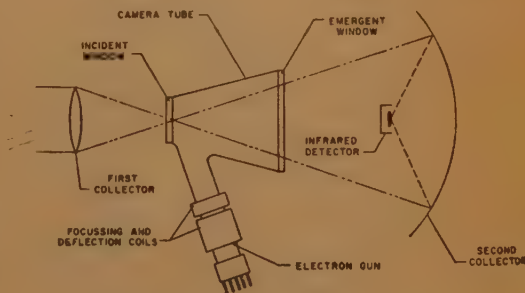


図 1

ている。この電子管は二つの赤外線透過窓を有し、入射窓は赤外線を透過する Si 等の半導体を使用する。目標物の赤外像は対物レンズによって入射窓上に結像し、さらに透過したものは反射鏡によって検出器上に集束されるようになってい

る。このとき tube の下方に設けられた電子銃からの電子ビームで半導体表面を scanning する。これによって半導体中に free carrier を生じ、半導体の赤外線透過率が減じられ、検出器出力に video signal を生じる。これを増幅してブラウン管けい光面上に像を作るものである。



図 2

図2はこの実験装置の外観図であり、図3はこの装置でオシロスコープ上に画かせた 125°C の物体の赤外線像である。このときの仕様は (Filterscan tube No. FTS-100 使用)

Blanking spot area  $3.1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$

Raster area  $2.24 \text{ cm}^2$

### 新しい光電磁効果

A. Amith: "New Parallel Photoelectromagnetic Effect", Phys. Rev. **116**, 2, p 330, (Oct. 1959). 浅川俊文訳 [資料番号 4766]

従来の光電磁効果は光の方向に垂直に磁場を加え、これらに垂直な方向の短絡電流を測定し、少数キャリアの寿命や表面再結合速度の測定を行なうものである。この新しい光電磁効果は図1に示すように、矩形の半導体試料の  $xy$  面を光で照射し、光と同じ  $x$  方向に磁場を加えて  $y$  方向の短絡電流を測定し、二つの  $yz$  面の再結合速度の相異を測定する方法である。もし両  $yz$  面の再結合速度が等しいと磁場に垂直な  $x$  方向の net の拡散電流は生じないので短絡電流は表われない、しかし両面の再結合速度が異なると  $x$  方向に拡散電流が生じ、これに磁場が作用して磁場に垂直な方向に電流が流れることになる。

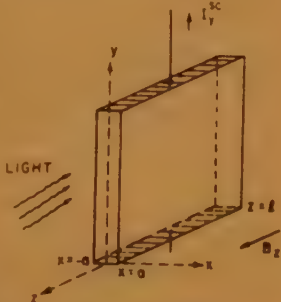


図1 測定原理

これらの電流磁場の間には、つぎのような関係式が存在する。

$$\begin{aligned} I_y &= - \int_{-a}^a \int_0^l J_y dx dz = - \theta \int_{-a}^a \int_0^l J_x dx dz \\ &= \theta \int_{-a}^a \int_0^l e D_0 \frac{\partial \Delta P}{\partial x} dx dz \\ &= \theta e D_0 \int_0^l (\Delta P_{x=a} - \Delta P_{x=-a}) dz \end{aligned}$$

ただし、 $I_y$  は短絡電流、 $J_x, J_y$  は  $x, y$  方向の電流密度、 $D_0$  は ambipolar diffusion coefficient、 $\Delta P$  は少数キャリア密度、 $\theta = (\mu_{nH} + \mu_{pH})B/c$  は Hall angle である。

Detector area  $0.1 \text{ cm}^2$

Horizontal sweep 1 kc

Vertical sweep 30 c/s

Front  $f$  number 3

Rear  $f$  number 0.75

System bandwidth 30 kc



図 3

である。検出器としては  $n$  形砒素ニウム、または  $\text{InSb}$  を使用している。

本文では半導体透過窓 (Si) と電子ビームの所要条件や装置の理論的な動作原理が述べられているが、まだ実験段階のようである。しかし電気的に scanning することにより、早い現象を見ることができ、また検出器や半導体の改良によってさらに低温度の物体を観察できることが期待される。

(関本元委員)

したがって表面における少数キャリアの分布が定めれば短絡電流  $I_y$  は定まる。一方  $\Delta P$  は拡散方程式と境界条件で定まるもので、表面再結合速度  $S$  の関数で、 $S$  の大きいところでは小さい。

$\Delta P$  と  $S$  との関係を数値的に計算することは困難であり、 $S$  の相違と短絡電流の定量的な関係は得られないが、半定量的に  $S$  の相違を測定するには都合が良い。また他の利点として、 $S$  の時間変化に応じて  $I_y$  が迅速に変化するので雰囲気の変化による  $S$  の時間変化の様子を忠実に測定することができる。

図2は Ge についての測定結果を示したもので、同じ表面処理をしたときの再現性は非常に良い。図中の曲線  $d$  は両  $yz$  表面を ( $\text{HF}:\text{HNO}_3=1:2$ ) で処理したもので、理論的には短絡電流  $I_y$  は零であるが、若干存在するのは両面の処理が全く同様にこなわれていないためと思われる。 $e, f$  は一面を軽く sand blast した場合で、このときには磁場に対す

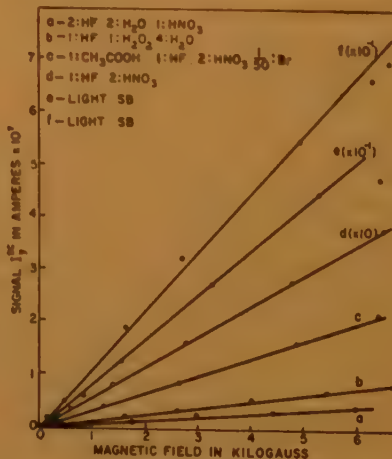


図2 各種表面処理後の短絡電流

る  $I_y$  の変化には飽和の傾向が見られる。また一面を各種のガスにさらしたときの  $I_y$  の時間変化は random な変化を示

して最終値に到達する。この場合の応答時間は前述のようにかなり迅速に行なわれる。(三宅委員)

### サーモプラスチック・レコーディング

W.E. Glenn : "Thermoplastic Recording",  
J.A. Phys. 30, 12, p 1870, (Dec. 1959). 三宅  
清司訳 [資料番号 4767]

電気的シグナルを記録する新しい方法である。シグナルは低融点の熱可塑性プラスチックの膜上に電子ビームで極めて高い密度で記録される。図 1 はその原理を示したものである。記録される膜は、高い融点のベース膜上に、透明でかつ融点の低い熱可塑性プラスチックを薄い層として塗布されたものからできている。記録されるシグナルは、まず電子ビームにより薄い層の上に荷電として移される。つぎに膜は熱可塑性プラスチックの融点まで加熱される。融けたプラスチック上の荷電は、ベース膜に誘起された荷電との間の静電気力により、ベースの方へ引きつけられる。そのため融けた面はその荷電に応じた量だけ変形する。膜はその後冷却されるが、生じた変形はそのまま残る。かくしてシグナルに応じた変形がプラスチック上に記録される。図 2 は試作されたサーモプラスチックレコーダを示す。図に示されていないが、通常レコーディングは R.F. ヒータの直後に設けられた光学系によりモニタされる。レコーダは約  $0.1 \mu$  の真空中に排気されている。記録される速度、あるいは膜の移動速度は熱可塑性プラスチックの溶融状態における表面張力、電気伝導度に関係がある。あるプ

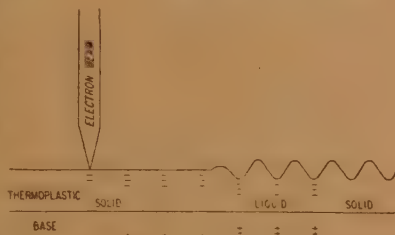


図 1 サーモプラスチック・レコーディングの原理

ラスチックを薄い層として塗布されたものからできている。記録されるシグナルは、まず電子ビームにより薄い層の上に荷電として移される。つぎに膜は熱可塑性プラスチックの融点まで加熱される。融けたプラスチック上の荷電は、ベース膜に誘起された荷電との間の静電気力により、ベースの方へ引きつけられる。そのため融けた面はその荷電に応じた量だけ変形する。膜はその後冷却されるが、生じた変形はそのまま残る。かくしてシグナルに応じた変形がプラスチック上に記録される。図 2 は試作されたサーモプラスチックレコーダを示す。図に示されていないが、通常レコーディングは R.F. ヒータの直後に設けられた光学系によりモニタされる。レコーダは約  $0.1 \mu$  の真空中に排気されている。記録される速度、あるいは膜の移動速度は熱可塑性プラスチックの溶融状態における表面張力、電気伝導度に関係がある。あるプ

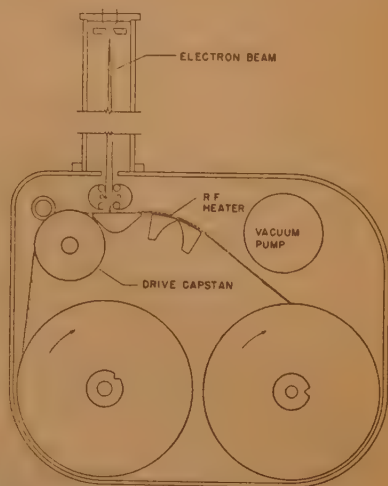


図 2 サーモプラスチックレコーダの試作例

ラスチックでは電子ビームでのせられた膜上の荷電は数日間も残され、また真空中でプラスチックが変形し終わるには  $0.01$  秒もあれば充分であることが判った。このようなレコーディングは必ずしも真空中であることを必要としない。空気中でも可能である。しかし荷電のをせるための電圧、記録し得る密度、速度および再現性の点で真空中の方が優れている。レコーディングの応用としてつぎの例が簡単に述べられている。カラーイメージングに対しては位相回折格子の形で変形が膜の上に記録され、白黒イメージに対しては一種のシュリーレン法が採用される。またアナログあるいはデジタル形のシグナルを記録するための二、三の方法が述べられ、電子銃の設計についても説明が加えられている。(三宅委員)

### 実用的なオン・オフ最適調節計

K. Chen and D.R. Little : "A Practical  
Standard Transistorized Optimum Response  
Controller", App. & Ind., 45, p 337, (Nov.  
1959). 石川 泰訳 [資料番号 4768]

図 1 のブロック線図に示すようなオン・オフ制御系において図 2 のように階段状入力変化に対し、操作量を正の最大値 (positive forcing) から負の最大値 (neg. forcing or braking) に切替える最適な時刻  $t_1$  を、偏差  $e$  および  $\dot{e}$  から計

算して最小の応答時間の制御系を作ることが可能であるが、この実用化において最も問題となる点は時刻  $t_1$  が図 3 の  $e-\dot{e}$  位相面上の  $n$ -曲線で示されるように  $e, \dot{e}$  の非線形関数となることである。この論文の調節計では切換線  $n$  を  $AOA'$  の直

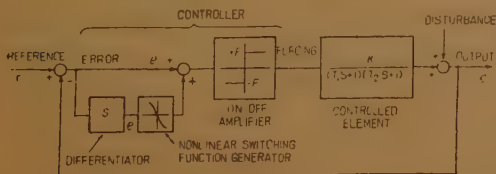


図 1

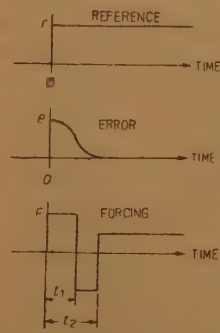


図 2

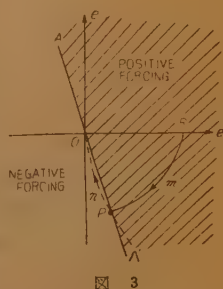


図 3



線で近似しており、したがって  $n_1$  は  $e$  および  $e'$  の線形結合で表わされるので  $n_1$  の計算機構は単なる CR 微分回路と加算回路のみで非常に簡単である。また直線近似による応答時間の多少の増加はほとんど問題とならない。制御対象の時定数  $T_1, T_2$  の値によって  $AOA'$  の傾斜を変えるが、これは微分回路の  $C$  を変えることによって行なわれ、二、三回の試行に

よって最もよいところに設定する。調節計はトランジスタを用いて構成され、またアナログ計算機による解析結果や自動電圧調整、電動機速度制御などへの応用例についてもふれているが、具体的な回路に関してはあまりくわしくない。

(東口委員)

### FM におけるエコーひずみ

R.G. Medhurst: "Echo-Distortion in Frequency Modulation", Electronic & Radio Eng. p 253, (July 1959). 高田正美訳 [資料番号 4769]

エコーによって生じる多重電話の準漏話 (FM) において、さきに筆者はエコー遅れ時間  $\tau_0$  が小さいときと大きい極限のときの中間を結ぶため Albersheim & Shafer の実験をもとにして経験式を与えた。

Bennett, Curtis & Rice は初めてこの領域の準漏話を理論的に計算し、最高通話路の準漏話を曲線で示したが、これは (エコーの位相で変化する) 最大、最小のいずれでもなく

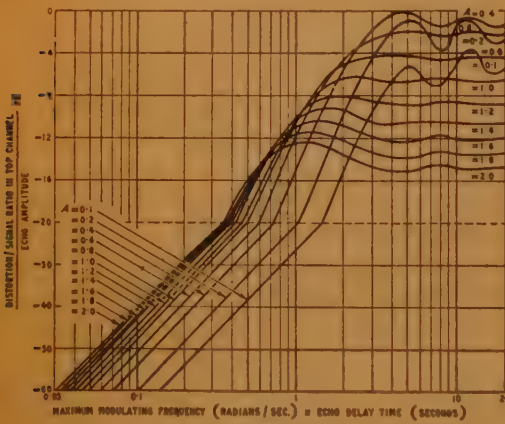


図1 最大の準漏話/信号・比  
 $A = (\text{全実効角周波数偏移 } d) / (\text{最高通話路角周波数 } f_{TM})$

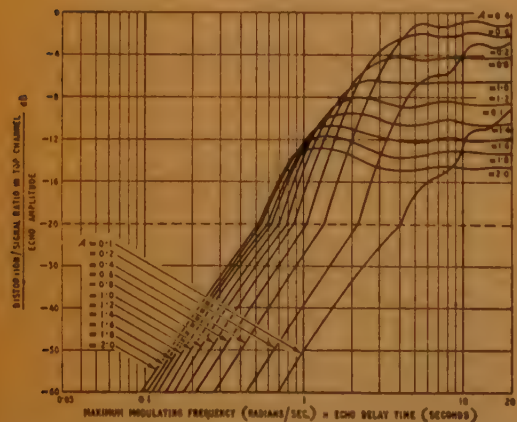


図2 最小の準漏話/信号・比  $A = d/f_{TM}$

電力平均を示した。

そこで筆者は正確に最大、最小の各々の場合について計算して図に示した。計算は Hollerith Hec. 2 M 計算機を用いて行なった。図1は最高通話路の角周波数  $f_{TM}$  とエコー遅れ  $\tau_0$  の積  $d$  に対して最大の (準漏話/信号) を示す。A は全実効角周波数偏移  $d$  と  $f_{TM}$  の比  $A = d/f_{TM}$ 。図2は同様に最小の (準漏話/信号) を示す。図3は CCIR 勧告の雑音負荷をしたときの 240, 600, 960 ch の準漏話の計算結果である。

また最近 CCIR (Feb. 1958) でプレエンファシスの標準が決められたので、これを直線の折線で近似し、この理想エンファシスをかけた場合、600 ch 方式でエコー遅れ  $\tau_0$  が大きいときの準漏話を計算し、ベースバンド周波数に対して曲線で示した、これが図4である。これによるとプレエンファシスの効果はほとんどない。

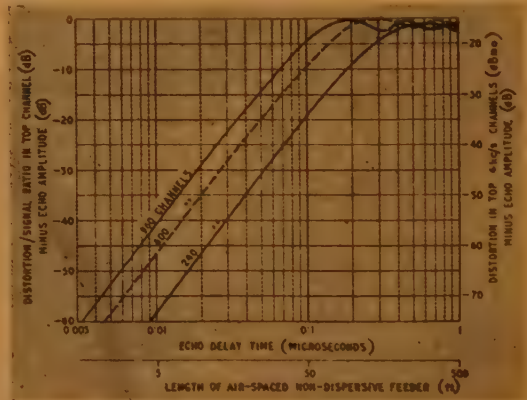


図3 エコーが小さいとき最高通話路の準漏話  
(エコーの位相・最大ひずみ)  
 $d = (-15 + 10 \log N) \text{ dB}_{MO}$ ,  $N$ : ch 数

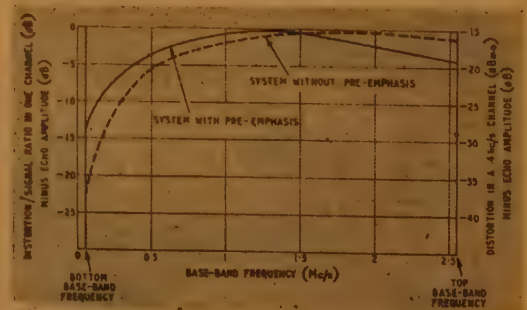


図4 プレエンファシス・有無による、非常に長い配線系のエコーで生じる準漏話ベースバンド分布の変化 (600 ch 方式)  
(増田元委員)

# 技術展望

UDC 534.784

## 音 韻 識 別 に つ い て\*

正 員 齋 藤 収 三    正 員 松 田 亮 一

(電気通信研究所)

### 1. 序 言

音声通信系におけるより能率的な通信形態の実用化を目的として行なわれてきた音声と聴覚についての解析的研究は最近の測定技術の高度化と精密化に助けられて著しい進展をみせている。これらの研究によって音声聴覚の実体のいろいろの側面が次第に明白になって来たが、それと同時にその内に包含された複雑さもまた明らかになってきた。ベル電話研究所の E.E. David, Jr.<sup>(1)</sup> は「人間と機械との間の能率的な通信を実現することの困難さは、通信科学者の間でほとんど伝説的にすなった」という言葉で音声聴覚における複雑さを表現している。ここでは、音声聴覚についてのいろいろの研究の内から、音声通信において最も基本的な位置をしめる音韻識別の問題をとりあげてその現状を概観してみることにする。

### 2. 音韻の機械的識別

#### 2.1 音韻の周波数スペクトルによる識別

ソナグラフが実用化されて音声の周波数—時間パターン表示が容易に得られるようになってから、ソナグラムにあらわれた音響的特徴を音韻識別に利用しようと試みられた。その最も初期の形式が K.H. Davis の Audrey<sup>(2)</sup> と Olson の音声タイプライタ<sup>(3)</sup> であろう。前者は数字音声の識別を F1 と F2 の 2 つのホルマント軌跡のパターンによって行なうものであるが、数字を識別するための基準パターンをあらかじめ発声者に応じて設定しておかないと動作が不安定になるという欠点がある。後者は音声周波数帯域を 8 個の小帯域に分割し、別に音声入力によって時間スイッチを駆動して、音声スペクトルの 200 ms の区間を 5 段階に分析する。このスペクトルを記憶装置内の基準スペクトルと対照して音節の識別を行なうものである。試作された装置は I, can, see, 等の 7 個または 10 個の音節を基準スペクトルとして記憶できるもので、基準スベ

クトル表示を個々の発声者についてあらかじめ定めておけば、上記の音節について 98% の識別能力をもっている。しかしこれらいずれの装置も音韻の識別に固定された基準スペクトルを用いているので、これが個人差のないものでない限りにおいては誤動作は避けられない。

加藤、村上<sup>(4)</sup> は日本語母音の識別を周波数スペクトルにおける相対関係の判定によって行なった。日本語 5 母音を中心周波数 350, 523, 783, 1,174, 2,637 c/s の 5 個の周波数帯域に分解し各チャンネルの相対出力レベルによって識別した結果、発音者 100 人の持続時間 0.2~0.6 秒の単独に発声された母音についての識別能力は約 95% であった。

大泉、鈴木<sup>(5)</sup> は日本語母音のスペクトルをでき得る限り分離可能にする方法として 10 チャンネルボコーダの出力を 2 進数 20 桁で表現することを試みている。ボコーダ出力  $V=(v_1, v_2, \dots, v_{10})$  を 2 進数に変換し、 $X=(x_1'x_1^2, x_2'x_2^2, \dots, x_{10}'x_{10}^2)$  とする。ここで  $x_j^1x_j^2$  などの数値は 5 母音全体の分布からそのレベルの 25%, 50%, 75% の点を境界としてそれぞれ  $x_j^1x_j^2=11, 10, 01, 00$  とすれば分析しようとする母音のスペクトルは 2 進数 20 桁のいずれかになることになる。この方法によれば、母音スペクトルをより高次元の空間に分布させることになり、識別能力を高めるために有用な手段となり得るかも知れない。

W. Forgie, C.D. Forgie<sup>(6)</sup> は電子計算機 (Whirlwind I) による母音の識別を試みた。識別に用いる母音は  $/b/+母音+/t/$  の形で発音され、これを 115~10,000 c/s の間 35 チャンネルに分割する。各帯域出力レベルを 180 回/秒 で走査した実時間動作のスペクトルデータが計算機入力となる。識別プログラムは数人の発声者のスペクトルによって作成され、さらに他の発声者による識別の誤りを分析してプログラムを修正する方法をくり返してより完全なものとした。

識別プログラムの内容は、入力音声より母音を抽出した後、大雑ばに F1 と F2 の位置を検出し図 1 の矩形内に識別すべき入力母音を分布させる。この図での 10 個の母音に対する分布の重複を除くために混同除去操作と称する処理を行なって母音をさらに正確に

\* Recognition of Speech Sounds. By SYUZO SAITO and RYOICHI MATSUDA, Members, (Electrical Communication Laboratory, Tokyo). [資料番号 4770]

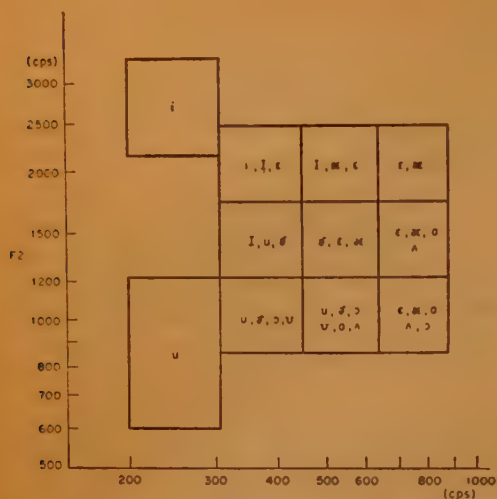


図1 識別プログラムに用いた F1-F2 平面

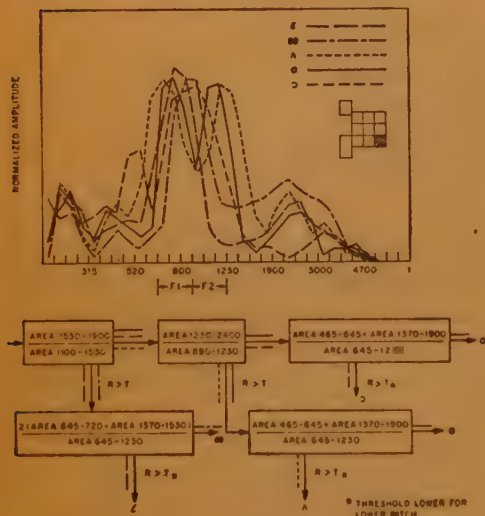


図2 混同除去操作の一例

識別できるようにする。つまり入力スペクトルデータのあらかじめきめられた帯域内でのエネルギー比の情報をを用いてその比がある特定の値をこえるとき、さらに母音を分割してゆく。図2にその一例が示されているが、このようにすると図1ではよく似たパターンになる2個以上の母音も識別可能となるわけである。このような方法で得られた総合識別能力は80%で、これに母音の継続時間の情報を付加すると93%にまで達すると述べている。

わが国においても大泉、鈴木<sup>(7)</sup>、三浦、山口<sup>(8)</sup>らは母音の機械的識別および広義の音声

情報処理を目的として電子計算機入出力装置を試作している。

## 2.2 周波数スペクトル以外の情報を含む識別

(a) 継続時間の情報を利用するもの H. Dudley<sup>(9)</sup> は音声スペクトルにさらに音韻の継続時間を付加して10個の数字を識別する装置を試作した。この方法ではまず単語内に含まれている音韻を識別しそれらの組合せで1~9, 0の10個の数字を識別する。音声はレベル圧縮された後10チャンネルボコード用帯域の波器に入る。識別の具体的操作に入る前に個々の音韻のろ波器出力があらかじめ測定されていて記憶装置に記憶される。用いた音韻は *i, I, e, a, o, u, n, r, f, s* の10個であり、識別しようとする入力パターンが入ると記憶装置のパターンと最大的一致をもつ音韻が選び出される。同様に個々の数字内の各音韻の継続時間があらかじめ測定されて記憶装置に入っているから、音韻識別器の出力と最大的一致を示す数字が選び出される。異なった発声者によるときは相当の誤動作を生じたが、1人の発声者について調整しておけば、かなり正確に識別された。

(b) 言語情報を利用するもの P. Denes<sup>(10)</sup> 図3に示すような構成の識別器を試作している。音声はあらかじめプレエンファシスとレベル圧縮を受けたのち160~8,000 c/sの周波数範囲を18個の帯域に分割し、この各チャンネル出力の内任意の2チャンネルの出力を組合わせることによって音韻の音響的識別をまざる。母音や */m/, /s/* などの子音はこれで分離されるが */t/, /k/, /z/* などは音韻の継続時間によって、*/f/* は */s/* とのレベル差によって分離する。この識別結果に音韻のダイグラムに関する言語情報を組合わせるこの出力と最大値検出器に入れて音韻を識別しこれを

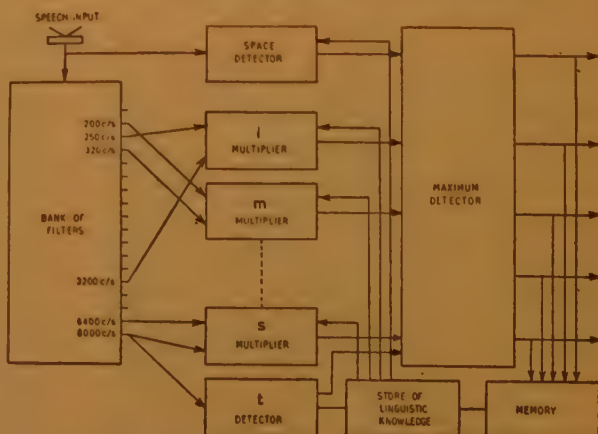


図3 言語情報を付加した音韻識別器 (Denes)



印字メモリに貯えた後、タイプライタで一定速度で印刷する。この装置で識別できる音韻は母音 4、子音 9 で音響識別機のみで単音について 60% のものが言語情報を組合わせると 72% に上昇した。

(c) 零交叉波の情報を利用するもの 前田、坂井<sup>(11)</sup> は日本語単音節を音韻種別としての有声、無声、破裂、破擦、鼻音、半母音、拗音等にグループ分けすると同時に同一種別に属する音韻を零交叉分析の情報を用いて弁別する方法で識別機械を試作している。音韻の判定はあらかじめ統計的に調べられた音韻の弁別の特徴を音韻マトリクスとして記憶しておき、このマトリクス出力から音韻を決定しようとするものである。なお、無声破裂音については、後続母音の影響が著しいことからまず後続母音を識別しその情報にもとづいて無声破裂音を識別する方法をとっている。この方式のブロック図を図 4 に示した。

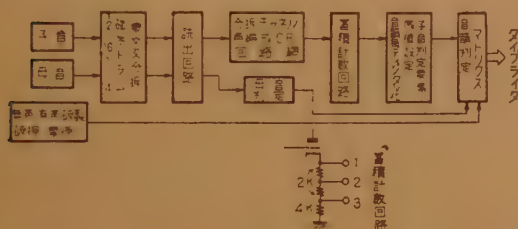


図 4

## 2.3 音韻の機械的識別における問題点

音韻の機械的識別器はその識別能力を向上させるために、音声の音響的特性のみに注目する方式からこれに言語あるいは生理的特性を加え漸次複雑化する傾向にある。どのような機能を与えたらその識別能力を改善することができるであろうか？

G.A. Miller<sup>(12)</sup> は音韻の機械的識別における問題点として、音韻の音響特性における個人差、時間差、音韻のもつ弁別の特徴、識別単位、抑揚、文法、機械に要求される記憶容量等をあげている。また、ロンドン大学の D.B. Fry<sup>(13)</sup> は、人間が音韻を識別する能力が種々の外部的ひずみ(たとえば  $S/N$ ) のみならず、音声そのものの変動に対しても極めて安定であることは、人間が音声の内の純粋に音響的な性質のみによって音韻の識別を行なっているのではないことを示すものであり、人間の音韻識別過程においては音素、音素態、単語、文章という言語単位系を用いて識別を行なっていて、言語に固有の拘束条件についての知識によって音響的識別段階における誤りを訂正している。すなわち人間は音声波から音響的識別によって得た情報

を言語性に関する先験的情報と組合わせて音韻の識別を行なっていると考えることができ、したがって音韻の機械的識別には人間のこの 2 つの機能をもたせる必要がある。もちろん機械的識別機に人間と同等の言語的拘束についての記憶容量をもたせることは困難であり、言語的拘束の記憶が減ればそれだけ識別における誤りの割合は増大する。現実の装置では記憶容量と識別の確率を平衡させるように設計させることが必要である。識別の単位を音素とすると英語ではその種類が約 40 で音素のダイグラムについての言語情報を用いるとしても 1,600 の記憶容量、識別の単位を単語にすれば 1,000 語が必要だからダイグラムについて  $10^8$  の記憶容量を必要とすることになる。結局音韻の機械的識別における成否は機械を人間の識別機能にどの程度近似させることができたかによってきまると言えるとしている。

K.N. Stevens<sup>(13)</sup> は音韻の機械的識別過程を人間の識別過程に近似させるべきだという観点に立って、機械的識別の方法についてその基本的設計方針を提案している。まず、音声の入力波形が識別されるべき音韻符号に変換されるまでに途中の段階でスペクトル、調音表記 (articulatory description) の段階を経て変換されてゆくべきであるとしている。ここに調音表記とは口道の共振周波数、口道の励振の方法および位置、または口道の形そのものに関係する量である。音声波形からスペクトルおよび調音表記への変換の概念的ブロック図は図 5 のごとくである。ここで特徴的なこと

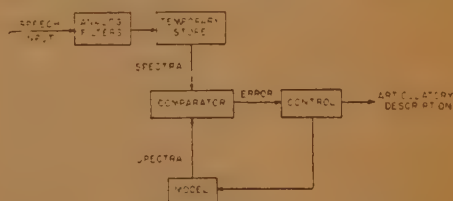


図 5 音声波形より Articulatory description への変換方式

は、スペクトルから調音表記への変換は直接に行なわれるだけでなく帰還路をもつことで、図中のモデルと表記された部分は、基本的にはその入力端になんらかの調音表記が加えられたとき特定のスペクトルを発生する機能をもっている。モデルで発生されたスペクトルは入力音声波から得られたスペクトルと比較されその誤差が最小になるような回数の試行の後、最も望ましい調音表記を決定する。モデルの動作はあらかじめ記憶された法則および戦術にしたがって行なわれ

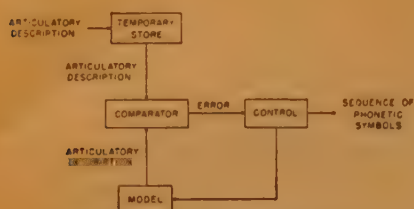


図6 Articulatory description から音韻符号への変換方式

るが、異なる発声者、異なる発声条件についてその記憶内容を交換えられるような機能をもたせないと必要な記憶容量の増大は避けられない。調音表記から音韻符号への変換も図6のごとくほぼ同様の方法で行なわれる。

このように識別装置の内に記憶素子をもつ合成器に類似する装置を含むよう設計することは、Haskins 研究所の Lieberman が「人間による音声の知覚は調音を参照して行なわれる」といっているように音韻の機械的識別を人間の識別過程に近似させるという立場からは必然的に必要となることであろう。

E.E. David Jr.<sup>(1)</sup> は音韻識別の問題については今後 (1) 人間の解剖学および生理学, (2) 識別過程における人間の能力と行動, (3) 音声パターン識別の論理的数学的表現法と実証の3つの分野における基礎的研究が必要だとしている。その意味で次章において音韻識別に関連すると考えられる基礎的研究の若干を述べることにする。

### 3. 音韻識別に関する基礎的研究

#### 3.1 識別の鍵 (Cue) に関する研究

ここでは音韻識別の鍵が音声の音響的性質にいかん反映しているかを、合成音声を用いてしらべた結果について述べる。

Haskins 研究所では 1950 年頃よりパターンプレイバック装置を用いて子音識別の鍵の性質についての研究を行ない、音韻の調音構成、すなわち調音方法、調音位置などが音韻の音響的特性にかなり良く共通の特徴として反映し識別の鍵になっていることを示した。たとえば、有声閉鎖音という調音方法は声帯振動音と F1 の推移にあり、調音位置が唇、歯、口蓋にあることが F2 の推移に反映していることがわかった。F3 の推移<sup>(12)</sup> の効果についても研究が進められ、これが F1 や F2 とは独立に */b/*, */d/*, */g/* の識別に役立つことをしめた。これらの研究で有声閉鎖音内の識別に寄与することが明らかになった F2, F3 の推移お

よびバースト雑音の周波数について総合的な研究を行ない<sup>(16)</sup>、これらがベクトル和的な寄与をすることがしめされた。

このような合成音による音韻識別の研究によって、ホルマントの推移や位置 (locus) といった鍵により種々の音韻を合成することができるようになれば、音韻識別の機能を鍵の次元で規則化することが可能となり、パラメータの数を減らせることになる。しかし個々の音韻についての規則のみによって音声合成の理想的な最小規則を作

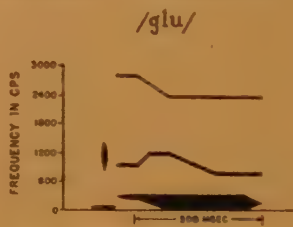


図7 合成音 */glu/* のパターン

り上げることは不可能で、音素の音節中の位置、韻律とくにストレスなどによる変形を考慮しなければなら

なかった<sup>(17)</sup>。たとえば図7は */glu/* としての最適の合成パターンであるが、ここには */g/* や */l/* についての基本的規則の変形が含まれている。すなわち */l/* の前にある */g/* はバースト雑音の周波数のみが大切であり、*/u/* の前の */l/* はその F2 の周波数が幾分低くなる。*/l/* につづく */u/* はその F2 が始め高くしばらくして規則通りの周波数位置にもどる、また音韻により後続母音によってその規則が変形するものもある。現在までに設定された規則の数は

| 子音   | 母音 | 変形     |
|------|----|--------|
| 調音位置 | 9  | 12     |
| 調音方法 | 5  | 2      |
| 有声化  | 3  |        |
|      |    | ストレス 1 |
|      |    | 位置 12  |

で、これだけの規則により合成された音声は 60~100% の文章了解度をもっている。

中田、鈴木<sup>(18)</sup>は類似の方法で半母音 */w/*, */y/*, */r/*, 鼻音 */m/*, */n/* などの合成を行なった。また腹部、山本、藤村<sup>(19)</sup>は母音の鼻音化の主要因が 250 cps 付近の鈍い共振、500 cps 付近の反共振、ホルマント間の谷を埋めるスペクトル成分であることをしめた。

これらの研究は音韻識別の鍵の対象単位を音素にいた考え方であるが、文献<sup>(17)</sup>にも記されているように音韻の鍵はその置かれた位置による変形が大きいところから、G.E. Peterson ら<sup>(20)</sup>は音素を2つ含み、それぞれの音素が安定状態にある位置を区切りとするような“DYAD”を単位とすることを提案している。

この“DYAD”の数はアメリカ語で約8,000に達する。このような単位を用いれば音韻的には安定であろうが、8,000個をそのまま識別の鍵にすることは問題であろう。

### 3.2 人間における識別機能に関する研究

統計的推定理論を用いた信号検出の理論が、ミシガン大学の W.P. Tanner Jr. らによって (1954), 人間の識別機能のモデル化に適用されて以来、聴覚における識別モデルの研究が色々行なわれている。ここでは音韻識別に関連する研究結果について述べてみる。

#### (a) 語彙の大きさが識別機能に及ぼす効果

聴覚における音韻識別能力が試験音の語彙の大きさに関係することはよく知られている。D.M. Green と T.G. Birdsall<sup>(21)</sup> は受信者が試験音をきいたとき、その入力信号を受信者があらかじめもっている記憶信号と順次相互相関をとってゆき、最大相関値をもつ信号を入力信号として判定するという仮定と、すべての試験音は等しいエネルギーをもって直交しているという仮定のもとに、語彙の大きさによる正判断確率と  $d'$  の関係を誘導し、この関係を用いて Miller, Heise および Lichten による実験データを  $d'$  で表わしたところ図8に示す結果を得た。図に明らかなように、語

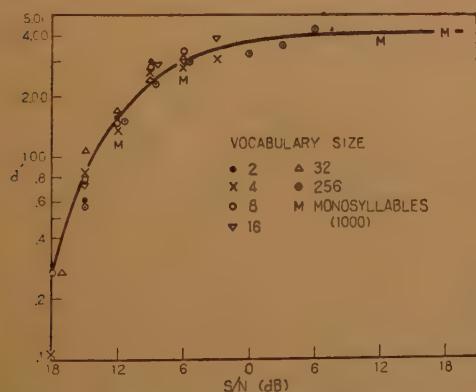


図8 語彙の大きさが異なるときの  
了解度値の  $d'$  表示

彙の大きさが異なるときの明瞭度値を  $d'$  を用いて単一の関数で表示することがかなりよくできる。

#### (b) 通報と応答の不確さが識別機能に及ぼす効果

(a) に記したように語彙の大きさが識別能力に影響するが、この効果が通報源の不確さによるものか、あるいは応答の不確さ (応答カテゴリの大きさ) によるものかは、通報カテゴリの数と応答カテゴリの数が等しい場合にはきめられない。I. Pollack<sup>(22)</sup> は応答の数が通報の数よりも少ないような試験条件を設

定して、いずれが識別に関係するかをしらべた。受信者に呈示された試験音がある特定の単語であるか、あるいはそれ以外のものであるかというように応答のカテゴリを2種にし、呈示する通報のカテゴリを2~8まで変化して実験したところ、通報の数が変化しても2種の応答における正判断確率はほとんど変化しなかった。応答カテゴリの数がませば正判断確率はそれに応じて低下してゆく。したがって通報の識別においては、弁別すべき応答のカテゴリの数の効果が最も大きいと考えられる。また、この結果は人間の識別過程について考えられる2種のモデルの比較に利用できる。音韻の識別過程については、通報を受信したときこれを通報源の内のいずれか1つのものとして選択して記憶し、この記憶を用いて応答を行なうモデル (categorization) と、通報はそのままの形で丁度録音するように記憶し、この記憶によって応答の選定を行なうモデル (representation) の2種が考えられるが、後者のモデルの方が実験結果によりよく合致するようである。

(c) 反覆受信操作が識別機能に及ぼす効果 信号の識別能力を改善するため信号を反覆して受信する場合、2種の方法が考えられる。1つは受信者が受信できたと確信するまで送信を反覆する方法 L.T. 法 (listener-terminated test) であり、もう1つは受信者の判断とは無関係に信号を反覆する方法 F.T. 法 (fixed-trials test) である。前者の方法による E.C. Carterette の実験 (1958) では単語の識別能力は反覆数にはほとんど無関係であり、後者の方法による I. Pollack の実験 (1958) では反覆により識別能力が改善された。この2つの相矛盾する結果は L.T. 法における受信者の確信行動が識別能力の決定因子であることを暗示するものとして I. Pollack<sup>(23)</sup> は信号は一定回数反覆呈示するが、受信者には各呈示ごとに信号の識別と同時に6段階の確信評価を行わせるという実験

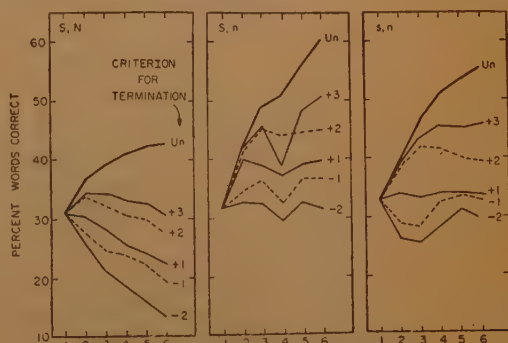


図9 反覆提示された単語の正判断確率



方法を探って2種の反復操作の比較を行なった。実験結果は図9のようで、図のパラメータは確信評価尺度であり、 $U_n$ はF.T.法の場合である。また $S, s, N, n$ は実験に用いた信号および雑音が、大文字は録音されたもの、小文字は信号源より直接供給されたものであることをしめしている。この結果から単語の識別能力が受信者の終端判断基準によって大いに変化し、判断基準が低レベルにあるときには反復操作による識別能力の改善がほとんど認められないが、判断基準が高レベルにとられると反復操作による改善が著しいことがわかる。また信号、雑音ともに録音の場合が反復操作による識別能力の改善が最も悪く、信号が録音で雑音が直接の場合が改善が最も良いことは、雑音の妨害が信号対雑音比の長時間統計値によっては一義的にきまらず、雑音が信号に衝突して妨害する確率に関係することをしめすものとして興味深い事実である。

(d) その他 識別実験においては試験に使用する単語の頻度が正判断確率に影響を及ぼす。この効果は受信者が試験に使用する単語をあらかじめ知っている場合と知っていない場合では差があり、頻度の効果は後者の場合に生じ、前者では音韻間の異聴特性が正判断確率に関係することがしめされた<sup>(24)</sup>。また斎藤<sup>(25)</sup>は日本語音韻の異聴特性を音韻の音声学的特徴に基づく識別モデルにより解析することを試みている。

#### 4. 結 言

以上音韻識別の問題についての最近の研究成果について展望を試みたが、理想的な音韻識別機が人間であることが、この問題を複雑化しており、その解明のため

めには、種々の分野での基礎的研究が今後一層必要であろう。『音韻の機械的識別を実現することのほうが、言語を変えるよりはもっと容易であろう』というG.A. Millerの言葉はこの問題の難解さと同時に重要性を暗示していると思われる。

#### 文 献

- (1) E.E. David Jr.: IBM Journal of research and development. 2, p 294, (1958).
- (2) K.H. Davis: J.A.S.A. 24, p 637, (1952).
- (3) H.F. Olson: J.A.S.A. 28, p 1072, (1956).
- (4) 加藤, 村上: 音響学会研究発表会, (昭 32-11).
- (5) 大泉, 鈴木: 同上, (昭 35-05).
- (6) W. Forgie, C.D. Forgie: J.A.S.A. 31, p 1480, (1959).
- (7) 大泉, 鈴木: 音響学会研究発表会, (昭 35-05).
- (8) 三浦, 山口: " (昭 34-11).
- (9) H. Dudley: J.A.S.A. 30, p 921, (1958).
- (10) P. Denes: Brit. I.R.E. 19, p 219, (1959).
- (11) 前田, 坂井: 昭 34 連大.
- (12) G.A. miller: J.A.S.A. 30, p 397, (1958).
- (13) D.B. Fry: Brit. I.R.E. 19, p 211, (1959).
- (14) K.N. Stevens: J.A.S.A. 32, p 47, (1960).
- (15) K.S. Harris, et al: J.A.S.A. 30, p 122, (1958).
- (16) H.S. Hoffman: J.A.S.A. 30, p 1039, (1958).
- (17) A.M. Lieberman, et al.: J.A.S.A. 31, p 1490, (1959).
- (18) 中田, 鈴木: 音学誌 43, p 55, (1960-01).
- (19) 服部, 山本, 藤村: J.A.S.A. 30, p 267, (1958).
- (20) G.E. Peterson, et al: J.A.S.A. 30, p 739, (1958).
- (21) D.M. Green, T.G. Birdsall: Tech. Rep. 81, The University of Michigan, (1958).
- (22) I. Pollack: J.A.S.A. 31, p 1500, (1959).
- (23) I. Pollack: J.A.S.A. 31, p 1509, (1959).
- (24) I. Pollack, et al: J.A.S.A. 31, p 273, (1955).
- (25) 斎藤: 通研文化報, 8, p 845, (1959).

### 新 刊 紹 介

監修 嶋津保次郎・岡部豊比古・副島光積・伊藤義一

## 最 新 の 半 導 体 工 学

——材料から応用まで——

B5判 168 ページ 定価 330 円 千 40 円

半導体に関する研究は最近驚異的躍進をとげ、トランジスタの他にも半導体を利用して太陽電池・エレクトロルミネセンス・電子冷凍等の新分野が開拓された。本書は、これら半導体の材料、素子、応用その他に関する最近の問題を解説したもので、通信学会誌 35 年 4 月特集号の重版である。

内容 1. 半導体エレクトロニクスの現状と将来。 2. 材料の精製と性質。 3. 半導体素子。 4. トランジスタおよびダイオードの信頼度。 5. トランジスタの測定法。 6. 半導体素子の用途。 7. 特許より見たトランジスタ。

発行所 電 気 通 信 学 会

(会員に限り一割引)

# ニュース

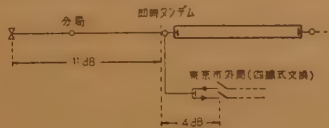
## ◆中近東に電気通信使節団を派遣

アジア通信協力会（会長梶井剛氏）では低開発諸国との技術協力を促進するため、今春、東南アジア方面へ電気通信使節団を派遣し、引続き中近東方面への使節派遣を計画中であったが、このほど使節団のメンバーと日程を発表した。

今回の使節団は、溝上桂氏（NHK）を団長とし、小林季八（日立製作所）、進藤幸三郎（三菱電機）、山田三喜夫（住友電工）、中村香苗（日本電線）、平井始（日本通信建設）、および友枝参（アジア通信協力会）の諸氏で構成され、8月30日に日本を出発し、10月4日に帰国の予定である。訪問先はカイロ（エジプト）、ダマスカス（シリア）以上アラブ連合、ペールート（レバノン）、バグダッド（イラク）、クエート、テヘラン（イラン）が予定されている。

## ◆東京の市外即時通話網の建設始まる

東京のような電話密度が高く、市内電話区域が直径 30 km におよぶ広い地域では、この地域の市外回線を都心部の市外局のみに集中することは広大な土地、局舎、土木施設を必要とし、不経済となるのみならず、将来の発展に対しても極めて融通性を欠くことになる。この問題につき、電電公社では昭和 30 年の市外通話の自動即時化開始以後、所要回線の将来予想、交換機、伝送路等について検討した結果、全国加入者市外ダイヤル方式を目標として、つぎのような構想の下に局舎の建築、局内外施設の工事に着手した。



東京の即時タンデム局と通話損失配分

まず、東京を6区分し、その各区域にそれぞれ市外即時タンデム局を設置する。各局は次表のごとく受持ち、その区域

| 局 名                  | 分 担 区 域    |
|----------------------|------------|
| 東京新市外局               | 市内電話の 2 区画 |
| 新 宿                  | 3 区画       |
| 大 崎 (仮) <sup>1</sup> | 4, 7 区画    |
| 霞 ヶ 関                | 5 区画       |
| 蔵 前 <sup>2</sup>     | 6, 8 区画    |
| 池 袋                  | 9 区画       |

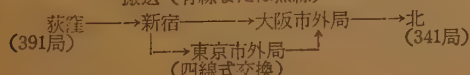
注 1. 局所未決定

2. 浜町に代わるもの

と C 8 クロスパー方式（四線式）の組合わせによる融通性ある直通回線および迂回中継に使用する同軸ケーブルを各即時タンデム局に終端させ、これら各局がそれぞれ発着局となるほか、相互に搬送による超群接続の中断時の作用を発揮することである。また、迂回中継の際の音声回線を新市外局四線式交換機に収容し、損失補償に端中継器が採用される。

この構想によれば、完成後の自動即時接続の一例（東京荻窪局加入者→大阪北局加入者）はつぎのごとくとなる。

搬送（有線または無線）



この市外即時網の一部使用開始は、東京新市外局開始後の昭和 36 年度末であるが、全体の完成は昭和 38 年度となる見込みである。完成後は東京全域から対名古屋、大阪等への長距離加入者ダイヤル接続が可能になる。

## ◆東名阪 6,000 Mc 回線着工される

電電公社では従来の 4,000 Mc 回線がすでに一部の区間で全部収容し尽くされてしまったためこれ以上の回線増に対しては 6,000 Mc 帯を使用すべくこの帯域での中継方式の開発を急いでいたが、33 年度東京・宇都宮間で行なった現場試験の結果実用化の見通しを得たので、35 年度に回線需要の最も多い東名阪間に計画し、このほど局舎工事の一部を除いて完成したので無線装置の工事に着手した。

本回線の中継所の置局は東京で渋谷に端局を移したことおよび名古屋で新市外局内に端局を移したこと以外は従来の 4,000 Mc 回線の中継所と同じ場所を使用しており（図参照）、今回新設されるのは電話回線現用 1 システム、予備回線 1 システムであり年度末にはサービスが開始される予定である。



6,000 Mc 回線ルート図

この方式では CCIR で勧告された TH 方式の周波数割当を使用している。また電源方式は従来の 3 エンジン方式をそのまま適用し、無線装置は従来の 4,000 Mc 方式と方式的には大きな変更はないが各部の性能を飛躍的に改善したために 1 システム当たり通話回線は 1,200 ch 収容可能であり、将来の市外回線網の主幹回線を構成すべく期待されている。

## ◆国鉄マイクロ幹線完成

日本国有鉄道では昨年東京岡山間、東京仙台間のマイクロルートの完成に引つづき岡山門司間、仙台札幌間の工事を進めていたが、7 月末に完成した。

このマイクロルートの特徴はつぎの通りである。

(1) 7,500 Mc 帯の 4 波を使った 1 対 1 のルート予備方式とし、回線信頼度を高めた。このルート予備方式の回線信頼度の向上は、すでに実用された東京岡山間、東京仙台間において周波数ダイバージシ効果と切替時間短縮の効果によって確認されている。

(2) 回線の品質と国鉄企業形態に一致した回線計画とから 4~5 のヘテロダイン中継局ごとにビデオ切替局を設けヘテロダイン中継局においてキャリアリキーク方式による回線の分枝挿入を行なって系統の使用効率を高めた。

(3) 反射板を積極的に利用して中継所を平地に設置することにつとめた。

(4) 電話のみならずテレタイプ、I.D.P 等にも使用され、さらに将来高速データ伝送、電子計算機の情報伝送路にも用いられる予定である。

このマイクロルート設備の概要はつぎのとおりである。

|         |                        |
|---------|------------------------|
| 予 備 方 式 | ルート予備                  |
| 変 調 方 式 | SS-FM                  |
| 送信機出力   | 東京-門司間 2 W 以上 (8 W 76) |



東京一栴梗間 2 W or 4 W 以上  
(8 W 22 A or 8 W 23)

栴梗一札幌間 7 W 以上 (UA-220 A)

回線容量 東京一門司間 240 ch

東京一青森間 180 ch

青森一札幌間 60 ch

また、設備中特色あるものは長距離テレタイプ回線に、C<sub>4</sub>による無誤字伝送装置を使用する。

また、東京、札幌、大阪、広島、門司に四線交換方式を含めた市外交換装置（クロスバー）を設備した。

### ◆新市外台実用化

従来自動局および共電式局に用いられている市外交換機はいずれも、-24 V を主電源として設計されている。したがって自動局の場合には自動交換機用の -48 V (A 形および XB 形) もしくは -60 V (H 形) のほかにこの市外台用の電源として -24 V を別に設備しなければならないが、今後の自動化のすう勢からみてこの市外台用電源を自動交換機用と同一電圧とすることが電源設備の合理化の面から強く望まれるに至った。

電電公社では以前より 48 V 電源による市外台の検討を進めていたが、今回 6 号形市外台として実用化され、大阪、東京などの新市外局をはじめとして三島、岩国など自動改式の行なわれる単局の市外台として大幅に使用されることになった。



この市外台は先に 3 号形市外台の改良形として実用された 5 号形市外台と同じく有組式で木部を最小限として製造の合理化をはかっているほか 5 号形市外台よりも奥行を小さくしたり、ジャックの取付け取外しを前面よりできるようにするなど合理化されている。また継電器は WA 系列、WK 形を使用し、プラグ・ジャック・ランプ等についても 48 V 用としての新規格のものを使用している。

また、この 6 号形市外台に関連する市外交換装置としては 300 号形装置が同時に実用化された。この諸装置もすべて 48 V を主電源として用いるもので、クロスバー・フレームに搭載され、平形継電器もしくは WA 系継電器によって構成されている。

### ◆オール・トランジスタ多重搬信装置完成

電電公社では多重搬送電信装置の全トランジスタ化を計画し、昭和 32 年以来検討を行なっていたが、このほど試作装置（日電製）が完成した。

この装置は昭和 33 年度の電電公社電気通信技術委員会によって勧告された FS 方式を採用し、その他はおおむね CCITT

勧告に準拠して設計されている。

従来の真空管を使用した方式と比べつぎの点に特徴がある。

(1) FS 方式を採用したため AM 方式に比しレベル変動と雑音によるひずみが軽減された。一方この方式の欠点である周波数ズレは AF C によって除去される。

(2) 従来の搬信装置に必ず使用された有極継電器を廃止して、トランジスタによる静止形リレーを使用し、保守の簡易化をはかった。

(3) 電力は約 1/4 に床面積は 1/2 に減少することができた。この装置では世界で最も小形化されたものであり、またリレーを含めた全トランジスタ搬信としては最尖端をゆくものである。

写真は本装置の前面実装図で、近く試用試験が実施される予定。

### ◆12 Mc 同軸伝送方式による 高速度符号伝送試験

電電公社通信研究所では高速度データ伝送回線の一般的可能性について検討中であつたが、さる 6 月 6 日より約 2 週間にわたり、高崎熊谷間で目下安定度試験中の 12 Mc 同軸伝送方式実験セットを用いて、符号伝送試験を実施した。試験は前号本欄にて紹介した符号伝送試験装置並びに FS 変復調装置（零交叉検波方式による）を用い、① この同軸方式が符号伝送のような特殊回線にも使用できることの確認、② 伝送路位相特性と符号伝送特性との関係、③ 伝送路レベル変動と符号伝送特性との関係の 3 項目に主眼をおいて行なわれた。符号伝送試験に先立ち回線の位相特性が測定されたが、CH 回路の位相特性とほとんど同じであつて、群遅延等の影響はなかった。なお中継器へ、給電している電力からの妨害のため、伝送路へ正弦波を送った場合約 10 度位の位相変動が見受けられた。この程度の変動は問題とならないが、将来長距離回線を構成するときのことを考え、この点につき目下原因が探究されている。符号伝送試験の結果は極めて満足すべきものであつて、つぎのような符号びずみ特性がえられた。

| 速度 | 区間 | 伝送距離 (km) | AM   |      |          |          | FS    |     |       |   |
|----|----|-----------|------|------|----------|----------|-------|-----|-------|---|
|    |    |           | 0    |      | 6 dB     |          | 10 dB |     | 10 dB |   |
|    |    |           | 有    | 無    | 有        | 無        | 有     | 無   | 有     | 無 |
| 1  | 区間 | 1000      | 1.5  | 1.5  | 2.0      | —        | 6.0   | —   | —     | — |
|    |    | 1500      | 2.0  | 3.0  | 5.0      | —        | 8.0   | —   | —     | — |
|    |    | 2000      | 8.0  | 8.0  | 19.0     | —        | —     | —   | —     | — |
|    |    | 2500      | 22.0 | 25.0 | —        | —        | —     | —   | —     | — |
| 2  | 区間 | 1000      | 3.0  | 1.5  | 6.5      | 2.5      | 6.0   | 5.0 | —     | — |
|    |    | 1500      | 3.0  | 3.5  | 8.0      | 9.0      | 10.0  | 8.0 | —     | — |
|    |    | 2000      | 17.0 | 7.5  | 18.0     | 15.0     | —     | —   | —     | — |
|    |    | 2500      | —    | 22.0 | (1750ボー) | (1750ボー) | —     | —   | —     | — |

上表からも判るように、AM・FS 両方式とも 2 区間で、1500 ボー程度までの通信は容易であることが明らかとなった。今後現用回線について、雑音ならびに時々断の影響を求めてゆく予定であるという。



### ◆ 50 kW 連続出力クライストロンの試作なる

わが国における大電力クライストロンとしては、さきに N HK 技研と東芝との共同研究による連続出力 10 kW、4 空洞のものが完成 (35 年 1 月号本欄に掲載) しているが、このほど連続出力 50 kW に達する 3 空洞クライストロンが、日本電気 (株) で試作完成した。

このクライストロンは同社が通産省の鉱工業試験研究補助金の交付を得て開発に着手したもので、この種のものとしては世界有数の部類に属するものといわれ、パルス形クライストロンならば優に 30 MW 級のものに匹敵するという。

外形寸法は全長 159 cm、最大直径 47.6 cm で、周波数帯は 600 Mc 付近、利得 35 dB、能率 33% で出力 50 kW を得ており、陰極は電子衝撃加熱方式でタンタルを用い、ビーム電圧/電流は 30 kV/5 A といわれている。

このクライストロンの用途としては、UHF 帯の放送機、見通し外通信用送信機などが期待され、さきごろ発表された高感度受信方式と組み合わせれば、一躍約 1,000 km 級の無中継通信も可能性があるとみられている。



### ◆ 国産初の 4 ミリ波帯クライストロン

沖電気工業 (株) では、かねてからミリ波帯の真空管の研究開発を行ない、すでに数種の製品を発表しているが、このほど国産初の 4 ミリ波帯反射形クライストロンの試作に成功した。遠からず需要に応じられるようになるものと見られる。またさらに短い波長のクライストロンを実現する可能性も増大し、これまで鉱石通信器による高調波以外に波源を持たなかったこの波長帯では有力な信号源を得たことになり、物性、通信等の実験は一段と進歩を早めることが期待される。

写真は試作クライストロンの外観である。以前発表された 50 V10 とほとんど同じ形状で、導波管のみ異なっている。導波管出力形で、WRJ-75 導波管を使用している。空洞、リペラなど波長に比例して小さくなっているの、加工、組立に苦心を払い、また直径 0.3 ミリ、電流密度約 90 A/cm<sup>2</sup> の電子ビームを得ることに困難があったという。動作規格は、空洞電圧 3250 V、空洞電流 30 mA、ヒータ電圧 6.3 V、グリッド電圧 -45 V、リペラ電圧 -50~-300 V で、発振周波数範囲は 60~75 Gc、出力数 mW 以上となっているが、試作管の一つでは 65 Gc において 20 mW を得ており、この値は改良を加えることにより、さらに向上する見込みがあるという。電子同調範囲は約 150 Mc でヒステリシスは少なく、また同調範囲内では切れ目なく発振する。入力が大きいため、動作開始直後は出力や周波



数などが浮動するが、熱的に平衡に達すれば安定度は良好であるといわれる。

### ◆ ホール効果応用の大電流計開発さる

数万アンペア以上の直流大電流を測定する場合、従来は、分流器または DC、CT が多く用いられていた。

オリジン電気 (株) では最近 ホール・ジェネレータを磁界中に置き、直流を通電したときに生ずるホール起電力によって、大電流を測定するホール電流計を開発した。

ホール電流計は写真のように中央に母線を貫通させる孔が設けてあり、ヨークは上下に 2 分割され、その両接合部にホール・ジェネレータがそう入してある。ホールジェネレータはサーミスタと一体に組込まれていて、-10°C から +40°C の範囲にわたって温度補償を行なっている。

動作原理は大電流を通電する母線の周囲に、母線を取囲むように設けた空けき入り鉄心のヨークが、大電流によって磁化され、空けき部には被測定電流に比例した空けき磁束を生じ、これがホール・ジェネレータに作用して起電力を発生させている。



ホール・ジェネレータが起電力を発生するためには、電流要素として微小電流を供給せねばならないが、これにはトランジスタ形の定電流装置を利用している。

制御用基準定電流装置の規格概要は

入力 A.C. 200 V $\pm$ 15% 50/60 c/s

出力 D.C. 500 mA $\pm$ 0.1% である。

種類は 10 kA から 100 kA まで各種あり、いずれも周囲温度が -10°C から +40°C の範囲で、総合指示誤差は  $\pm 1.0\%$  といわれる。

写真は 30 kA 用のもので、電解用ゲルマニウム整流器および電話交換用直流電源のゲルマニウム整流器等に付属したホール電流計である。

### ◆ 大洋横断海底 ケーブル製造の新会社設立さる

ハワイ日本間大洋横断日米海底ケーブルについては各方面の注視を受けていたが、日本側の製造態勢を一本に結集するため、去る 6 月 25 日、古河、住友、藤倉の 3 社共同で大洋海底電線株式会社が発立された。同社は資本、陣容ともに上記 3 社が分担しており、目下横浜市の港湾に工場建設が急がれている。

米国 A.T. & T. 社と日本の国際電電との間で、日米海底ケーブルにはベル研究所が開発した新形無外装ケーブルが使

用される話合いとなっており、同社はこのケーブルの製造設備を建設することになる。工場の稼動開始は昭和 37 年の中ごろが目標とされている。

### ◆スイス電話交換網の全自動化なる

1959 年 12 月 3 日スイスにおける唯一の手動局シュール交換局の自動改式により、スイス交換網の自動化が完成した。1919 年初めて 1600 回線のチューリッヒ自動局が開通して以来、多数の自動局がこれにつづいて開通し、現在のスイス人口 500 万人に対し 100 万回線、150 万電話機の普及を見たことは注目に値するものがある。市内交換の自動化と並行して、1927 年手動即時サービス、1930 年加入者ダイヤルによる全自動交換の開始とともに、全自動交換地域は拡大され、3 種の交換方式間の接続に問題があったが、各運営会社との協力により方式運営動作上の仕様書が作られ相互接続が可能となった。

かくして 1932 年 50%、1942 年 90% と自動化は急速に進んだが、自動化の導入にともないトラヒックの増加も著しく、中継線網の再編成、機器製造の平準化、交換手の失業対策および経済要因等の理由により、全自動化の達成には 17 年を要した。

国際交換については C.C.I.T.T. の努力により欧州各地と半自動による即時サービスが行なわれ、その地域も急速に拡大されつつある。

これら電話交換自動化による成果を見ると、年間 1 億フランを越す有利な国家財源が確保され、またもし現在手動交換によるとすれば 22,000 人の交換手を要し、2 億フラン以上に達する給与を支払うことは實際上不可能であり、今日の繁栄を見ることはできなかったであろうと思われる。また 1958 年においては 1920 年の通話数の 900% 増に対し、30% の人員増によりまかなわれたことによっても明らかである。

今後の電話は自動化により有用性を増し、ますます広範囲の人々の間に浸透し、年々加入者数の大なる増加と、かなりのトラヒック増加は明白であり、1980 年頃におけるスイス国電話機数は 300 万台への上昇が予想される。

(U.I.T. 誌より)

### ◆50~80 Gc 帯で 0.5 W の TWT

米国ベル電話研究所では 50~60 Gc 帯用のラ線進行波管の開発を行ない、10,000 Mc の帯域にわたり、30 dB 以上の利得と、この帯域で 0.5 W の最高出力を得たという。進行波管の運波回路としてラ線は周波数特性の点で優れているが、熱容量が小さいので大きい電力には適さないものとされていたが、本進行管ではラ線を用い、しかも 50~60 Gc 帯で 0.5 W というかなり大きい電力を出すことに成功している点に注目集めている。

ラ線を用いた場合、電力を増すにはラ線の熱を逃すことが重要な問題になる。この進行波管では、ラ線をグレーズングによってセラミックの棒につけ、セラミック棒を銅の大きいブロックと広い面で接触させてラ線の熱が逃げやすいようにしてある。周波数が高くなると表皮効果のためラ線の損失が



増し、そのため進行波管の能率が低下するが、これに対してはラ線に銅めっきを行なって能率が低くならないようにしてあるという。ラ線のパラメータ、寸法等はつぎのような値になっている。ラ線内径=15 mils, ピッチ=110 turns per inch, ラ線の長さ=4 inches, 同期電圧=7000 volts, 電子流=3 mA, gain parameter  $C=0.015$ , ラ線の内径は非常に小さく、長さばかり長いので、電子ビームをラ線にとられないように通すためには、高い機械的精度を必要とし、そのため構造、組立法等に工夫がなされている模様。写真は本進行波管の外観である。

(I.R.E. 誌より)

### 標準電波の偏差表

郵政省電波研究所

### JJY STANDARD-FREQUENCY TRANSMISSIONS

(The Radio Research Laboratories)

Frequencies

2.5 Mc/s, 5 Mc/s, 10 Mc/s, 15 Mc/s,

| Date | Frequency            | Lead of JJY | Date | Frequency            | Lead of JJY |
|------|----------------------|-------------|------|----------------------|-------------|
| 1960 | Deviation            | impulses on | 1960 | Deviation            | impulses on |
| Jan. | Parts in             | J.S.T. in   | Jan. | Parts in             | J.S.T. in   |
|      | 10 <sup>9</sup> 0900 | 0900 J.S.T. |      | 10 <sup>9</sup> 0900 | 0900 J.S.T. |
| 1    | - 5                  | - 15        | 17   | - 8                  | + 5         |
| 2    | - 4                  | + 15        | 18   | - 9                  | + 4         |
| 3    | - 3                  | + 14        | 19   | - 9                  | + 3         |
| 4    | - 4                  | + 14        | 20   | - 9                  | + 3         |
| 5    | - 4                  | + 14        | 21   | -10                  | + 2         |
| 6    | - 4*                 | + 13        | 22   | - 9                  | + 1         |
| 7    | - 9                  | + 13        | 23   | - 9                  | 0           |
| 8    | - 9                  | + 12        | 24   | - 9                  | - 1         |
| 9    | - 9                  | + 11        | 25   | -10                  | - 2         |
| 10   | - 9                  | + 10        | 26   | - 9                  | - 2         |
| 11   | - 8                  | + 10        | 27   | - 9                  | - 3         |
| 12   | - 8                  | + 9         | 28   | - 8                  | - 4         |
| 13   | - 8                  | + 8         | 29   | - 9                  | - 5         |
| 14   | - 9                  | + 7         | 30   | - 9                  | - 5         |
| 15   | - 9                  | + 6         | 31   | - 9                  | - 6         |
| 16   | - 9                  | + 6         |      |                      |             |

The values are based on the Time Service Bulletin from the Tokyo Astronomical Observatory.

\* Adjustments were made on the days indicated by •

# 本 会 記 事

## 第 3 回理事会および第 1 回評議員会

(昭和 35 年 7 月 18 日午後 6 時、本会事務局会議室)

米沢会長、高木副会長(委任)、内田副会長(委任)、新川理事、岡部、染谷両監事、妻藤庶務幹事、林、柿田両会計幹事、河津、小西、副島、末武各編集幹事、新堀調査幹事、森田技術委員会会長、市川、川原田(代)、小池、田島、田中、古橋各評議員および肥土主事出席

### 議 事

#### 1. 維持員増強目標と事業拡充計画について

特別事業活動に対する技術委員会、規格調査会から出された事業拡充に関する意見 および編集幹事会から出された事業拡充に関する意見を取組み、幹事案として妻藤庶務幹事から説明があり、それぞれ重要度を勘案してつぎの項目が採択され、これらに要する経費を再検討の上、維持員増強の目標を決定することにした。

##### (イ) 技術委員会関係

1. 研究専門委員会資料を本印刷にして定期的な出版を行なう。

2. 新しい専門委員会の増設

##### (ロ) 規格調査会関係

1. I E C 関係刊行物出版の拡大

2. 電気通信学会規格(仮称)の制定

##### (ハ) 編集関係

1. 海外論文紹介欄の拡充

2. 英文号の発行

##### (ニ) 支部活動の活発化援助

支部経費の増額を考慮する

#### 2. 世論調査について

電気通信学会雑誌改善世論調査について、副島編集幹事から調査表の説明があり、若干の修正を行なって調査に着手することとした。

#### 3. 35年度全国大会計画について

去る 7 月 6 日 第 2 回全国大会委員会において決定した本年度全国大会要領の報告が妻藤庶務幹事からあり、全国大会シンポジウム題目 および特別委員の委嘱についてそれぞれ了承した。詳細は 7 月号会告の通り。

#### 4. 下記の者について入会および昇格を承認し、8 月号に掲載することとした。

|         |           |           |   |       |
|---------|-----------|-----------|---|-------|
| 新入会     | 正 員       | 安 藤 克 二 君 | 外 | 24 名  |
|         | 准 員       | 大 川 耕 吉 君 | 外 | 23 名  |
|         | 学生員       | 足 立 忠 夫 君 | 外 | 166 名 |
|         | 特殊員       | 川 崎 書 店   | 外 | 2 名   |
|         | 計         |           |   | 219 名 |
| 准員から正員へ | 浅 野 作 夫 君 | 外         |   | 46 名  |

#### 5. 岡部記念研究奨励金規程の改正について

従来岡部記念研究奨励金は申請によって行なわれていたが今回から個人または、団体による他薦も認めることを了承し

ていただきたい。なお他薦による場合はそれからしぼって、申請者を審査するためメロ期日を他薦者と申請者は異にする旨妻藤庶務幹事から説明があった。しかし期日を異にしてしぼるということは同じウエイトでなく、岡部記念研究奨励金の主旨に反するため、申請、他薦とも 12 月 31 日メロ切と決定これを了承した。

#### 6. 下記の評議員会議題について質疑なく了承した

- (1) 各種謝礼の増額について
- (2) 論文賞選考範囲、規定制定小委員会設置について
- (3) 岡部記念研究奨励金規程の改正について
- (4) 雑誌の発送停止および除名に関する事務処理について
- (5) 郵書編集長の辞任申し出について
- (6) 通信用標準用語調査委員会設置について
- (7) 電気通信大学講座著者との契約について

### 報 告 事 項

#### イ 会員現況(昭和 35 年 6 月 30 日現在)

| 会 員 別           | 名誉員 | 維持員 | 正 員   | 准 員   | 学生員   | 特殊員 | 計      |
|-----------------|-----|-----|-------|-------|-------|-----|--------|
| 昭和 35 年 5 月末会員数 | 9   | 174 | 8,604 | 1,725 | 964   | 186 | 11,662 |
| 入 会             |     |     | 39    | 23    | 190   | 5   | 257    |
| 退 会             |     |     | 4     | 3     | 15    |     | 22     |
| 6 月末会員数         | 9   | 174 | 8,639 | 1,745 | 1,139 | 191 | 11,897 |
| 増 減             |     |     | 35    | 20    | 175   | 5   | 235    |

#### ロ 会計収支状況

##### (1) 会計別収支状況(昭和 35 年 6 月分)

| 会 計 別       | 収 入       | 支 出       | 差 △は減     |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 一 般 会 計     | 1,971,513 | 1,654,812 | 316,701   |
| 特 別 事 業 会 計 | 1,525,828 | 592,695   | 933,133   |
| 収 益 事 業 会 計 | 1,630,677 | 1,654,522 | △ 23,845  |
| 奨 学 資 金 会 計 | —         | —         | —         |
| 稲田記念資金会計    | —         | —         | —         |
| 岡 部 資 金 会 計 | —         | 134       | △ 134     |
| 退職積立金会計     | —         | —         | —         |
| 仮 受 払 金 会 計 | 749,178   | 1,552,290 | △ 803,112 |
| 計           | 5,877,196 | 5,454,453 | 422,743   |

##### (2) 資金月末現在高(昭和 35 年 6 月 30 日現在)

| 種 別     | 年度初<br>35. 3. 31<br>財産目録 | 前月末       | 6 月 30 日  | 年度初<br>との差  | 前月末<br>との差  |
|---------|--------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 預 金     | 4,787,703                | 5,069,926 | 6,518,278 | 1,730,575   | 1,448,352   |
| 内(普通預金) | 1,366,689                | 760,338   | 206,644   | △ 1,160,045 | △ 553,694   |
| 当座預金    | 4,556                    | 158       | 2,204     | △ 2,352     | 2,046       |
| 振込預金    | 3,416,458                | 4,309,430 | 6,309,430 | 2,892,972   | 2,000,000   |
| 郵便預金    | 603,000                  | 2,486,796 | 1,438,796 | 835,796     | △ 1,048,000 |
| 振替貯金    | 584                      | 187       | 787       | 203         | 600         |
| 現 金     | 971,384                  | 129,751   | 151,542   | △ 819,842   | 21,791      |
| 計       | 6,362,671                | 7,686,660 | 8,109,403 | 1,746,732   | 422,743     |



## 7. 各委員会の会合状況

イ、編集関係

|         |      |           |
|---------|------|-----------|
| 海外論文委員会 | 7月5日 | 4.00 p.m. |
| ニュース委員会 | 7月5日 | 5.30 p.m. |
| 論文委員会   | 7月7日 | 3.00 p.m. |

ロ、第2回全国大会委員会 7月6日 5.30 p.m.  
 ハ、技術委員会本委員会 7月12日 5.30 p.m.  
 ニ、規格調査会本委員会 7月15日 5.30 p.m.  
 以上いずれも本会事務所会議室で開催した。  
 ホ、昭和36年電気四学会連合大会委員会  
 7月19日、5.30 p.m. レストランとうきょう

## 35年7月入会

正員(25名) 安藤克二、石谷富男、井村信吾、薄羽利久、大杉靖雄、菊地貞夫、木下 巖、後藤田親三、斎藤隆雄、佐藤嘉一、篠原健次、菅 義夫、鈴鹿 彪、相馬 齊、田脇 猛、中川美敬、永塚秀明、中村旭男、永山誠也、中山文夫、福井一、藤田 忍、幸田三郎、村田正男、山村喜一郎

准員(24名) 大川耕吉、川井与一、小早川正樹、孤田康雄、佐藤東八、里村憲一郎、塩沢秋広、白男川道夫、鈴木 豊、谷口泰清、田中 弘、塚田照男、富永 賢、早戸 武、細田隆、堀 芳顕、本多 進、三山和秋、森永泰次、柳沢徹也、矢部初男、山本幸信、依田光弘、脇田 孝

学生員(167名) 足立忠夫、阿部昌弘、青山英雄、青山正樹、赤星宏輝、有倉 浩、有福昭剛、板倉信雄、市川忠男、伊藤功一、伊藤卓司、伊藤治幸、稲宮健一、稲村俊雄、井上准一、井端晋一、今村 詮、岩本光市、内山俊太郎、梅田浩美、榎本貞一、役 和良、小原邦彦、大賀正義、大野桂一、大場和範、岡田 暁、岡田 稔、岡田康雄、荻野俊亮、柏 享、片岡博美、加藤直信、川上和久、川添 勇、川津尚弘、河村孝男、喜多 修、木下秀雄、木村孝司、木村正通、熊原忠士、蔵内富夫、久良知国雄、黒川行修、黒須 忠、岡府田東一、河本舟司、小坂雅博、小島鈴夫、児島康生、後藤一路、小林茂夫、小林英雄、郡山欽三、近藤 勲、佐藤達雄、斎藤正、笹部 繁、実 洋、篠 隆教、白庄司進、菅原義雄、鈴木光一、鈴木洪二、鈴木耕三、鈴木忠克、鈴木裕久、鈴木総雄、関 芳樹、高井利雄、高田敬輔、高梨守道、鷹野 鼎、滝田俊広、武田春彦、竹村裕夫、武本健一、田中清信、田中信也、田中千代治、田中秀幸、田辺謙造、谷口哲郎、田村 捷、知名定清、筒道修嗣、寺沢正明、田頭 功、土井利彦、豊島政美、豊田順一、豊原亜洲、永井 彪、永木猛弘、中隈敬治、中島秀起、永野 厚、中村元芳、西 直隆、西谷真二、西山 正、仁ノ平健次、沼宮内忠、沼田 昂、根岸 哲、野

沢秀宜、野田莊平、能登 脩、橋本 清、橋本 忍、橋本満、浜 春彦、浜井正直、浜本正彦、早川正人、村部昭治、原嶋隆、馬場義則、平野 健、福田哲也、藤原 朗、藤原哲夫、藤原康宏、筆本一三生、保科信紀、堀田迪夫、堀 正義、堀口昌宏、松浦 肇、松村尚雄、丸谷義郎、三浦良雄、三木博之、三輪 潔、三輪 保、三橋克治、三橋喜一、宮田紀一、宮武敦人、宮地美守、宮本秀彦、武藤達也、森 啓次、森哲也、森 好彦、森本寿一、森下政信、八木昭彦、八代秀夫、矢野 健、山内健次、山県治郎、山川俊論、山川公一、山下安二、山田武男、山田良男、山本隆司、山田純久、磯井 誠、吉浦 勇、吉川正雄、吉川 稔

特殊員(3名) 吉田公一 川崎書店、吉田 喬 鶴巻書局、渡辺豊丸 理研ピストリング工業株式会社

准員から正員昇格者(47名)

浅野作夫、足立慎一、石井 良、泉館昭則、岩下亮二、上野 裕、大谷越夫、岡本正澄、尾崎 望、笠間 晃、釜石修、茅野義雄、川俣 勉、岸道彦、小村広良、坂野久夫、坂本誠也、佐藤文隆、志子田清男、品川 弘、篠原敬清、高島貢、高橋政美、滝川 敬、武井弘光、谷山昇一、弦巻信雄、長岡象一、中島孝義、長田慎一、中村清美、成田 康、橋本安正、畑山 桂、八田孫雄、服部 守、早川 亘、原 博和、原 博美、原田哲夫、松村雅夫、松村 宏、明敷忠義、高井正秀、村沢由男、山田幸輝、吉田和人

## 採録決定論文

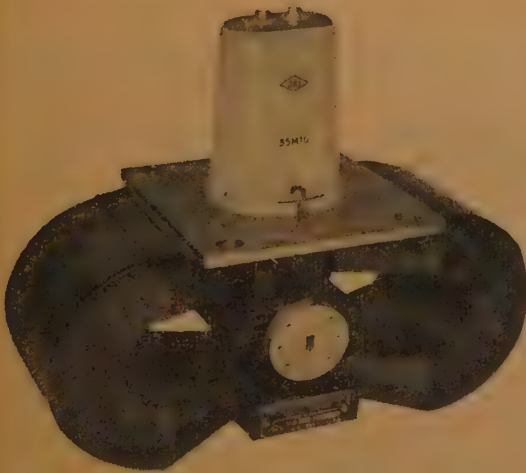
8月編集会分〔 〕内の数字は寄稿月日

青城正久：バラレング シンブルハイブリッド [35, 5.23, 8.4]

吉代：イメージオシロコ、の黒箱効果 [35, 5.12]

相川孝作：帯状共面電極による誘電率測定について [35, 5.21]

# ミリ波時代をつくる・・・ 沖電気工業の ミリ波管！



マグネトロン 50 M 10



クライストロン 70 V 10

## 規格

|           | 50 M 10 | 35 M 10 | 70 V 10 | 35 V 10 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| 波 長 (mm)  | 6.0±2%  | 8.6±1%  | 4 ~ 3   | 8 ~ 9   |
| 出 力 (kW)  | 20      | 40      | 20      | 40      |
| 陽極電圧 (kV) | 12      | 13      | 3.25    | 2       |

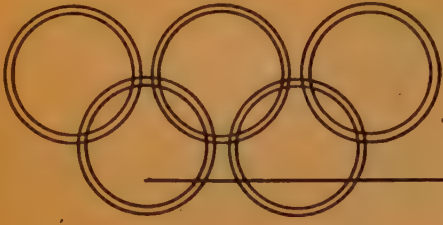
このほか、24~50 G c 帯の各種ミリ波マグネトロン、ミリ波クライストロンの製作を行っております。御相談下さい。

カタログ進呈  
乞紙名記入

**沖電気工業株式会社**

東京都港区芝高浜町 1 0

電話 三田 (451) 2191・9271



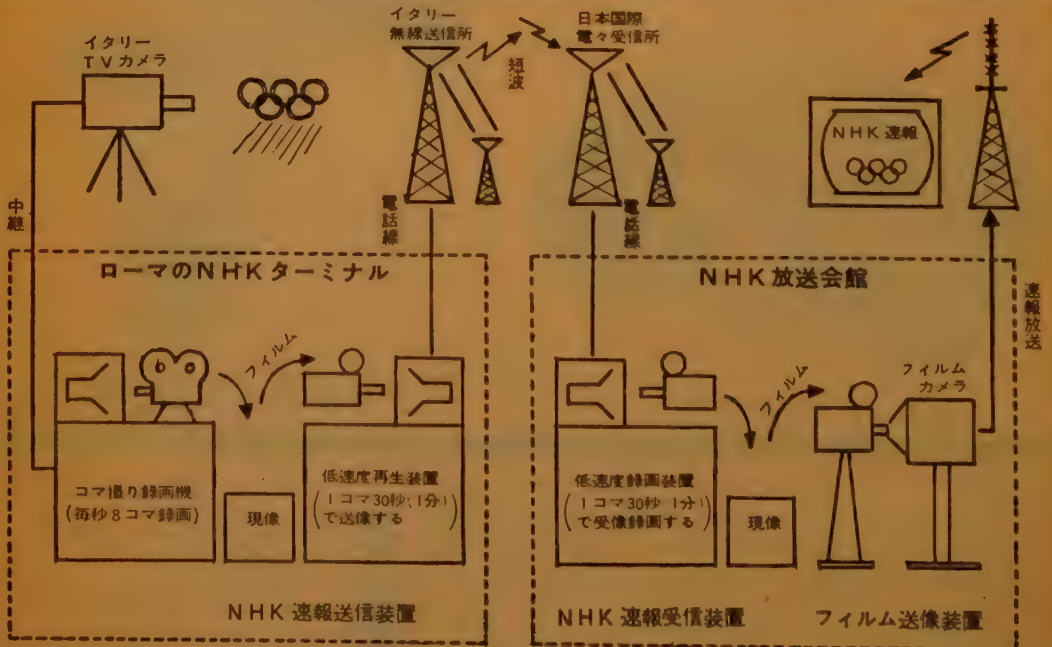
# ローマオリンピック テレビ速報

NHKでは、ローマ・オリンピックの日本選手の活躍のようをその日のうちに、テレビでご家庭におとどけする予定です。

その方法は、毎秒5～8駒の割合で駒撮りしたフィルムを電送装置にかけ、1駒30秒または1分（解像度は走査線数で150～220本相当）で、ビデオ信号を帯域巾3KCの短波電話回線にのせて電送します。

テープやフィルムを空輸すると、もっとも急いだ場合でも、テレビで家庭にとどくまでは30時間くらいかかりますが、この方法によると、数時間のうちに、現地の速報を家庭におとどけすることができます。

## NHK速報装置概要図





# ボロメータ (パレット サーミスタ)



1 Z 0 1



1 Z 0 2



1 Z 1 5



1 Z 1 6

これらのパレットは時定数の極めて小さく、非常に細く短い白金線をマウントしてありますので、高感度でありまた正確な二乗特性をもっております。

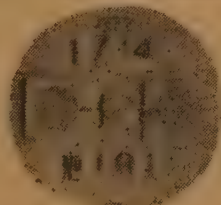
鉱石検波器に代って高精度のマイクロ波機器の相対電力、VSWRの測定、電力モニタ減衰量および挿入損失などの測定に使用されます。

変調されたマイクロ波の検波およびモニタには、SPC製定在波増幅器 (3 E O 1) と共に用い、またCWマイクロ波の電力測定にはSPC製ユニバーサルブリッジ (1 P O 2) と組合せて使用されます。

| 形 名     | 周 波 数<br>(G c) | 交換可能<br>鉱石 | バイアス電流<br>(mA) | 動作抵抗<br>(Ω) | 最大入力電力<br>(mW) | 温度係数 |
|---------|----------------|------------|----------------|-------------|----------------|------|
| 1 Z 0 1 | 0 ~ 12.4       | 1 N 2 3    | 4 ~ 5          | 2 0 0       | 1              | +    |
| 1 Z 0 2 | 12.4 ~ 26.5    | 1 N 2 6    | 4 ~ 5          | 2 0 0       | 1              | +    |
| 1 Z 1 5 | 18.0 ~ 40.0    | —          | 4 ~ 5          | 2 0 0       | 1              | +    |
| 1 Z 1 6 | 50.0 ~ 75.0    | —          | 4 ~ 5          | 2 0 0       | 1              | +    |



1 Z 1 2



1 Z 1 4

これらのパレットおよびサーミスタはSPC製広帯域マウントに挿入して、SPC製ユニバーサルブリッジ (1 P O 2) またはボロメータブリッジ (1 P O 3) と組合せ、VSWR 1.5以下にて正確なマイクロ波電力の測定に使用されます。

| 形 名     | 周 波 数<br>(G c) | 使用マウント                                | 最大入力電力<br>(mW) | 動作抵抗<br>(Ω) | バイアス電流<br>(mA) | 温度係数 | 備 考          |
|---------|----------------|---------------------------------------|----------------|-------------|----------------|------|--------------|
| 1 Z 1 2 | 0.5 ~ 10.0     | 1 B90-P(J)                            | 1              | 2 0 0       | 4 ~ 5          | +    | 鉱石 1 N 2 3 形 |
| 1 Z 1 3 | 0.5 ~ 10.0     | 1 T90-P(J)                            | 1 0 0          | 200 ± 20    | 3 5            | +    |              |
| 1 Z 1 4 | 0.5 ~ 10.0     | 1 T90-P(J)                            | 1 0            | 200 ± 20    | 1 2            | -    |              |
| 1 Z 0 5 | 2.6 ~ 8.2      | 1 T10, 1 T15<br>1 T20, 1 T25<br>1 T30 | 1 0            | 200 ± 20    | 1 2            | -    |              |
| 1 Z 0 6 | 8.2 ~ 12.4     | 1 T35                                 | 1 0            | 200 ± 20    | 1 2            | -    |              |
| 1 Z 1 8 | 0.1 ~ 1.0      | 1 B91                                 | 1              | 2 0 0       | 4 ~ 5          | +    |              |
| 1 Z 1 9 | 0.1 ~ 1.0      | 1 T91                                 | 1 0 0          | 200 ± 20    | 3 5            | +    |              |
| 1 Z 2 0 | 0.1 ~ 1.0      | 1 T91                                 | 1 0            | 200 ± 20    | 1 2            | -    |              |



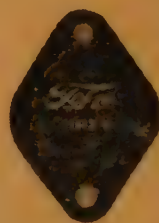
## 島田理化学工業株式会社

本社・本社工場 東京都調布市紫城町415番地 電話 調布 (0229) 4101-6  
大阪販売部 大阪市北区伊勢町1番地 電話 大阪 (36) 6 8 0 7

斯界最高峰の東邦拡散形

# シリコン整流器

同一ベースにシリコン二素子を組込んだ複合極小形他に  
類例のない特許新製品



M P 2

SP-2 TV電源 磁気増巾器最適品

小容量電力用に最適品

| 規 格            | 形 式 | SP-2    | M P 2         |        |        |
|----------------|-----|---------|---------------|--------|--------|
|                |     |         | MP 2-4        | MP 2-6 | MP 2-8 |
| P. I. V        |     | 500V    | 400V          | 600V   | 800V   |
| 許容交流入力電圧 (実効値) |     | 280V    | 250V          | 390V   | 500V   |
| 正方向電流 (印加電圧1V) |     | 1.5A以上  | 3A以上          |        |        |
| 許容サージ電流 (1秒)   |     | D.C 10A | D.C 20A       |        |        |
| 許容ケース表面温度      |     | 100°C   | -65°C ~ 175°C |        |        |

| 規 格                      | 形 式 | T H 0 8 形    |       |       | T H 2 0 形 |       |       | T H 8 0 F 形 |       |       |
|--------------------------|-----|--------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|                          |     | 0 8 4        | 0 8 6 | 0 8 8 | 2 0 4     | 2 0 6 | 2 0 8 | 804 F       | 806 F | 808 F |
| P. I. V                  |     | 400 V        | 600 V | 800 V | 400 V     | 600 V | 800 V | 400 V       | 600 V | 800 V |
| 許 容 交 流 入 力 電 圧<br>(実効値) |     | 250 V        | 390 V | 500 V | 250 V     | 390 V | 500 V | 250 V       | 390 V | 500 V |
| 正 方 向 電 流<br>(印加電圧 1 V)  |     | 10 A 以 上     |       |       | 25 A 以 上  |       |       | 50 A 以 上    |       |       |
| 許 容 サ ー ジ 電 流<br>(1 秒)   |     | D C 50 A     |       |       | D C 120 A |       |       | D C 250 A   |       |       |
| 許 容 温 度                  |     | — 65℃ ~ 175℃ |       |       |           |       |       |             |       |       |

電力用大・中容量素子も生産好調で在庫豊富に用意しております。

## 営 業 品 目

シリコン整流器 ゲルマニウム整流器 セレン整流器

Sicバリスタ Cds光導電素子 亜酸化銅整流器

磁気増巾器 A. V. R 速断ヒューズ

**Toko**

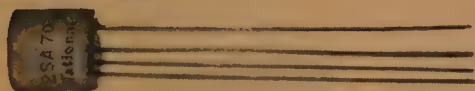
# 東邦産研電気株式会社

東京事務所 東京都豊島区池袋1の814 (大和ビル) TEL (971) 1959・8992  
本社・工場 埼玉県北足立郡新座町北町 TEL 埼玉新座31・32



# ナショナルトランジスタ

## 主要品種特性一覧表



### 高周波用

| 型 名       | 構 造         | 最 大 定 格  |          |               | 特 性 (Ta=25°C) |                      |          |          |                     |           | 用 途               | 備 考              |
|-----------|-------------|----------|----------|---------------|---------------|----------------------|----------|----------|---------------------|-----------|-------------------|------------------|
|           |             | VcBm (V) | IcM (mA) | Pc(25°C) (mW) | hfe (V)       | f <sub>eb</sub> (MC) | Yfg (mV) | Coe (PF) | r <sub>bb</sub> (Ω) | IcBo (μA) |                   |                  |
| 2SA69     | PNP<br>合金接合 | -20      | -10      | 83            | 100           | 70                   | 27       | 5.0      | -                   | <-13      | 短絡混合、中間周波増幅       | *10.7MCにおいて      |
| 2SA70     | "           | -20      | -10      | 83            | 80            | 70                   | 32       | 4.5      | -                   | <-13      | F M中間周波増幅、短絡混合、発振 | *10.7MCにおいて      |
| 2SA71     | "           | -20      | -5       | 83            | -             | -                    | 15       | 2.5      | -                   | <-13      | F M、高周波増幅、混合、発振   | *ベース接地 100MCにおいて |
| 2SA101    | PNP<br>エピタキ | -40      | -10      | 60            | 30            | 15                   | -        | 5.0      | 30                  | <-15      | 混合、発振、中間周波増幅      | *0.5 MCにおいて      |
| 2SA102    | "           | -40      | -10      | 60            | 40            | 25                   | -        | 5.0      | 40                  | <-15      | "                 | *0.5 MCにおいて      |
| 2SA103    | "           | -40      | -10      | 60            | 50            | 35                   | -        | 1.7      | 50                  | <-15      | "                 | *VEC=-12V        |
| 2SA104    | "           | -40      | -10      | 60            | 60            | 50                   | -        | 4.0      | 50                  | <-15      | "                 | *高周波増幅           |
| 2SA144/44 | PNP<br>合金   | -15      | -10      | 83            | 100           | 15                   | -        | 30       | 110                 | <-10      | "                 | *中間周波増幅          |
| 2SA149/55 | "           | -15      | -10      | 83            | 50            | 6                    | -        | 25       | 75                  | <-10      | 中間周波増幅            | *0.5 MCにおいて      |

### 小信号低周波用

| 型 名       | 構 造     | 最 大 定 格 |         |              | 特 性 (Ta=25℃)        |                     |                      |                                      |         |           | 用 途         |
|-----------|---------|---------|---------|--------------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------|---------|-----------|-------------|
|           |         | VCE (V) | IC (mA) | pc(25℃) (mW) | h <sub>ie</sub> (Ω) | h <sub>fe</sub> (V) | h <sub>oe</sub> (μA) | h <sub>re</sub> (×10 <sup>-4</sup> ) | NF (dB) | IcBo (μA) |             |
| 2SB170/70 | P N P 金 | -30(1)  | -10     | 125          | 2.200               | 30                  | 23                   | 9                                    | <15     | <-12      | 低周波増幅       |
| 2SB171/71 | •       | -30(1)  | -10     | 125          | 800                 | 47                  | 80                   | 5.4                                  | <15     | <-12      | 中増幅低周波増幅、駆振 |
| 2SB173    | •       | -20(1)  | -10     | 125          | 2.750               | 50                  | 27.5                 | 7                                    | <9(1)   | <-12      | 低雑音低周波増幅    |
| 2SB175    | •       | -30(1)  | -10     | 125          | 1.300               | 90                  | 125                  | 8                                    | <15     | <-12      | 高増幅低周波増幅、駆振 |

1) RBE, ZBEは500Ω以下 2) VCB=-8V, TE=1mA, Zg=500Ω

### 大信号低周波用

| 型名        | 構造     | 最大定格               |                   |                     | 特性 (Ta=25°C) |        |        |           | 動作例 (Ta=25°C)              |                     | 用途       |
|-----------|--------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------|--------|--------|-----------|----------------------------|---------------------|----------|
|           |        | VcEM (V)           | IcM (A)           | Pc(25°C) (W)        | hFE (V)      | IC (A) | RC (Ω) | IcBo (mA) | P <sub>O</sub> ("B"PP) (W) | V <sub>ce</sub> (V) |          |
| 2SB119    | PNP 合金 | -32 <sup>1)</sup>  | -3                | 5.0 <sup>1)</sup>   | 45           | 0.3    | <0.27  | <-200     | 9                          | -14                 | 出力増幅     |
| 2SB119A   | "      | -60 <sup>1)</sup>  | -3                | 5.0 <sup>1)</sup>   | 45           | 0.3    | <0.27  | <-200     | -                          | -                   | * スイッチング |
| 2SB128    | "      | -80 <sup>1)</sup>  | -6                | 6.8 <sup>1)</sup>   | 720          | 1      | <0.17  | <-200     | -                          | -                   | "        |
| 2SB128A   | "      | -120 <sup>1)</sup> | -6                | 8.5 <sup>1)</sup>   | 720          | 1      | <0.17  | <-200     | -                          | -                   | "        |
| 2SB129    | "      | -60 <sup>1)</sup>  | -6                | 6.8 <sup>1)</sup>   | 745          | 1      | <0.17  | <-200     | -                          | -                   | "        |
| 2SB129A   | "      | -120 <sup>1)</sup> | -6                | 8.5 <sup>1)</sup>   | 745          | 1      | <0.17  | <-200     | -                          | -                   | "        |
| 2SB130    | "      | -32 <sup>1)</sup>  | -1.5              | 2.5 <sup>1)</sup>   | 45           | 0.3    | <0.27  | <-200     | 4                          | -14                 | "        |
| 2SB172/92 | "      | -32 <sup>1)</sup>  | -0.125            | 0.165 <sup>1)</sup> | 70           | 0.01   | <3.2   | <-10      | 0.39                       | -12                 | "        |
| 2SB174    | "      | -20 <sup>1)</sup>  | -20 <sup>1)</sup> | 0.55 <sup>1)</sup>  | 100          | 0.05   | <2     | <-20      | 1.04                       | -9                  | "        |
| 2SB176/96 | "      | -32 <sup>1)</sup>  | -32 <sup>1)</sup> | 0.165 <sup>1)</sup> | >45          | 0.01   | <3.2   | <-10      | -                          | -                   | * スイッチング |
| 2SB177    | "      | -60 <sup>1)</sup>  | -60 <sup>1)</sup> | 0.165 <sup>1)</sup> | >45          | 0.01   | <3.2   | <-10      | -                          | -                   | "        |

3) RBE, ZBEは200Ω以下 4) RBE, ZBEは50Ω以下 5) RBE, ZBEは10Ω以下 6) RBE, ZBEは1000Ω以下 7) RBE, ZBEは500Ω以下  
8) RBE, ZBEは400Ω以下 9) 100cm<sup>2</sup>1=側放熱板付、絶縁板無し 10) 0.5cm<sup>2</sup>1=側放熱板付、絶縁板無し 11) 0.5cm<sup>2</sup>放熱板付

### フォト・トランジスタ

| 型名    | 構造     | 最大定格                |         |               | 特性 (Ta=25°C)                                  |  |                |        | 用途 |
|-------|--------|---------------------|---------|---------------|---|--|----------------|--------|----|
|       |        | V <sub>cc</sub> (V) | IC (mA) | Pc(45°C) (mW) | I <sub>ceo</sub> (μA) (V <sub>ce</sub> =-10V) | V <sub>ce</sub> =-2V, 807 L X 2.700 *K |                | NF(db) |    |
| OCP71 | PNP 合金 | -25                 | -10     | 75            | <300  | Ic(mA) (上側)                            | Ic(mA) (エミッタ側) | 50     | 10 |
| MCP71 | "      | -25                 | -10     | 75            | <300  | -                                      | 1.5-4          | 50     | 10 |

●カタログ贈呈

高槻市富田局区内  
松下電器管球事業部

松下電器産業株式会社



電 線 と

ケ ー ブ ル

日本電線



|                                      |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| 本 社・東京都墨田区寺島町 2 の 8                  | 電 話 611 局 101~7   |
| 営 業 部・東京都中央区築地 3 の 10 恵和会館内          | 電 話 (541) 2021~9  |
| 大 阪 販 売 店・大阪市北区梅田町47新阪神ビル 7 階 704 号室 | 電話大阪(薄) 3658・1171 |
| 名古屋出張所・名古屋市中区広小路通 4 の 17 東ビル         | 電話本局(23) 0284     |
| 福岡出張所・福岡市上洲崎町 42                     | 電話東(3) 4397       |
| 仙台駐在員事務所・仙台市名掛丁 36                   | 電話仙台 3515         |
| 札幌駐在員事務所・札幌市北三条西四丁目(第一生命ビル)          | 電話札幌(4) 1768      |

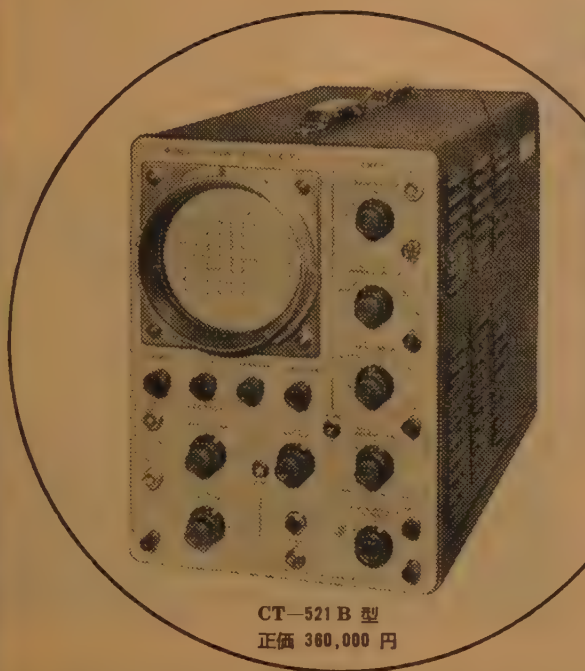


放送用

アンテナの 電気興業株式会社



## 計測器



CT-521 B 型  
正価 380,000 円

### 規格

#### CT-521 B 型

- 使用ブラウン管 130 H-B 1 A
- 垂直軸偏向感度 0.05 V/cm ~ 20 V/cm
- 周波数特性 dc ~ 15 Mc 偏差 3 db
- 時間軸掃引速度 0.1  $\mu$ sec/cm ~ 5 sec/cm
- 掃引方式 トリガー掃引, 繰返し掃引

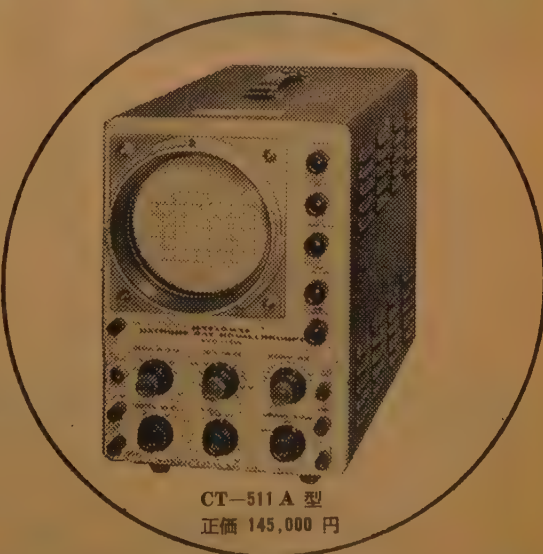
dc ~ 15Mc

## テシタシンクロスコ-7。

### 規格

#### CT-511 A 型

- 使用ブラウン管 5 UP 1(F)
- 垂直軸偏向感度 0.1 V/cm ~ 30 Vdc/cm
- 周波数特性 dc ~ 1 Mc 偏差 3 db
- 時間軸掃引速度 3  $\mu$ sec/cm ~ 300 msec/cm
- 掃引方式 トリガー掃引, 繰返し掃引



CT-511 A 型  
正価 145,000 円

カタログ請求 横浜市港北区綱島町

松下通信工業株式会社



# NICUM

## 電氣機器 真空 (ワニ)

### の絶縁を完全にする 乾燥・含浸装置 ・コンパウンド含浸装置

主なる  
納入先

愛知電機 中国電力・安川電機  
沖電機・三菱電機・北辰電機・住友機械  
東洋レーヨン・オリデン電機・三洋電機

## 日空工業株式会社

本社 大阪市西区江戸堀南通3の18  
電話土佐堀(44)181.9512~4  
東京 東京都台東区二長町1(東神ビル)  
出張所 電話下谷(831)2161(代表)

# NEC

## 高信頼管

### NEC高信頼管の特長

- 1 初期不良がないので従って平均寿命が長い
- 2 特性変動が少い
- 3 特性が均一でそろっている
- 4 絶縁、耐圧が良く陰極以外の電子放射が少い
- 5 振動、衝撃に強くマイクロホニック雑音が少い

### 主なる営業品目

|             |             |
|-------------|-------------|
| トランジスタ      | 工業用電子管      |
| シルコンダイオード   | セレン整流体      |
| ゲルマニウムダイオード | ハーフブリックシール  |
| 定電圧ダイオード    | ビデオリレー      |
| バリスタ        | リードリレー      |
| サミスタ        | サーモスタットリレー  |
| イレー放電管      | 有線リレー       |
| 計数放電管       | 回路スイッチリレー   |
| 定電圧放電管      | ミニチュアリレー    |
| 安定抵抗        | 水平リレー       |
| サマルリレー      | 各種電鍵        |
| 光電管         | ブラグジャック     |
| ラウン管        | 太陽電池        |
| 送信管         | ワイヤスプリングリレー |
| 受信管         | 度数計         |



日本電氣株式会社 代理店  
新日本電氣株式会社 代理店

## 佐鳥電機株式会社

本社 東京都港区芝金杉4丁目22番地  
電話 三田(451)9231~5 振替 東京3847番  
大阪支店 大阪市北区神明町23番地  
電話 大阪(36)4848番

御報参上・誌名及び会社・御職業  
明記の上御申込次第カタログ送呈



# 電力管理用

新製品



WHA型  
(1kW用)

工場モーターの負荷を運転状態のまま測定できる電力計です。

本器を使用する事によりモーターの実負荷の分析が出来、安全運転、機械作業日程の配分、能率、電力管理がたやすく得られ工場生産力の増大と経営の合理化が出来ます。

モーターの馬力数に応じ各種の品種があります。(型録贈呈)

## ハイク電力計



渡辺電機工業株式会社

本社並営業所 東京都渋谷区神宮通二ノ三六番地  
電 話 青 山 (401) 2281・6141 (代)

コンデンサ

営業品目

NDS認定

各種電解コンデンサ  
各種タンタルコンデンサ  
各種油入・シバノール入コンデンサ  
各種MPコンデンサ

Marcon マルコンシリーズ NO. 3



製品規格

1. 使用温度範囲 0~50°C
2. 静電容量許容量 -10~+200 % (120 %)
3. 漏洩電流 次式の値以下とする  
 $1 = V \times C \times 10^{-11} + 80 (\mu A)$  (V: 定格使用電圧・C: 定格静電容量)
4. 損失 等価直列抵抗と定格静電容量の積が次表の値以下とする

| 使用電圧 | P             |
|------|---------------|
| 3 V  | 12000 $\mu F$ |
| 6 V  | 10000 $\mu F$ |
| 10 V | 8000 $\mu F$  |
| 15 V | 8000 $\mu F$  |

5. サージ電圧 次の電圧を5分間印加して異常のないこと

| 使用電圧 | サージ電圧 |
|------|-------|
| 3 V  | 4 V   |
| 6 V  | 8 V   |
| 10 V | 12 V  |
| 15 V | 18 V  |

6. 試験法 他 CES・RC-605 (1958) による

※即問合せをカタログ面請求お待ちしております

東京電器株式会社

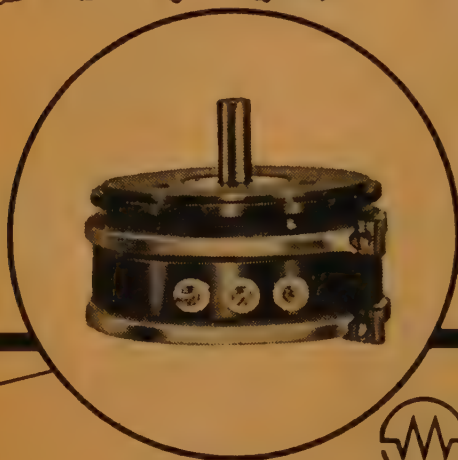
本社 山形県長井市宮 1560 TEL (長井) 2131~4  
東京営業所 東京都中央区日本橋本町 4-9 (東山ビル) TEL (201) 9494 (代表)  
大阪営業所 大阪市北区絹笠町 50 (堂島ビル) TEL (34) 8720

# スゴリの ポテンシオメータ



## 新製品

本器はオートメーションにおける圧力の検出部に広く利用されつつある電気変換装置で、BellowsおよびCoil springからなる受圧部のStrokeを直接linear motion Potentiometerに連動せしめたもので Frictionless SupportによりHysteresisを極度に減じた構造となっている



Continuous  
Potentiometer  
CP-5S

株式 緑測器研究所  
会社

東京都杉並区下高井戸4の927  
TEL(321)7941・(328)1269

関西地方 明立技研株式会社  
代理店

大阪市西区阿波魂通1の25  
三晃ビル  
TEL大阪(54)1071・2461



## サーミスタ

温度測定、温度制御、トランジスタ  
温度補償、超高周波電力測定、発振  
器振巾安定、通信回路自動利得調整、  
継電器動作遅延、サージ電流抑制用  
その他

最も安定度の高い 石塚電子の半導体製品

## 火花消去に シリスタ

(カタログ進呈)

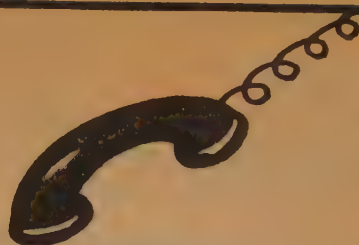
火花消去、サージ電圧抑制、  
定電圧用 その他



# 石塚電子株式会社

東京都江戸川区小岩町5の16 代表 電話 江戸川(651)1633番

地方取引特ニ歡迎  
在庫豊富・即納



早く・安く・よい品を！

計測器・

電話機・交換機・諸部分品

架線用・諸材料

ケーブル電線・工事用諸材料

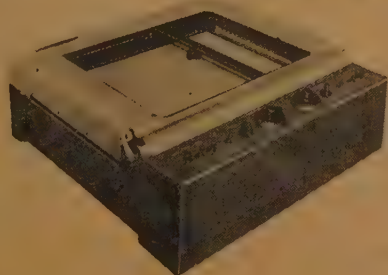
# 株式会社 山西

本社 大阪市浪速区恵美須町2丁目27番地  
電話 大阪(64) 5番・6番・7番・18番・19番  
出張所 東京都千代田区6番町5番地  
電話 九段 (331) 6031番  
(301) 2756番

振替口座 大阪五番



## X-Y記録器



本器はタコゼネレーター付きのサーボモーターを使用しているため、特に速い現象の記録・測定に好適です。

記録紙 有効巾 25 cm × 35 cm

記録速度 X軸 0.6秒/フルスケール

Y軸 0.8秒/フルスケール

感度 10 mV ~ 100 V 13段切換え

営業品目

ペン書きオシログラフ  
ペンガルバノメーター  
MA型・PA型直流増巾器  
その他各種直流増巾器

株式会社

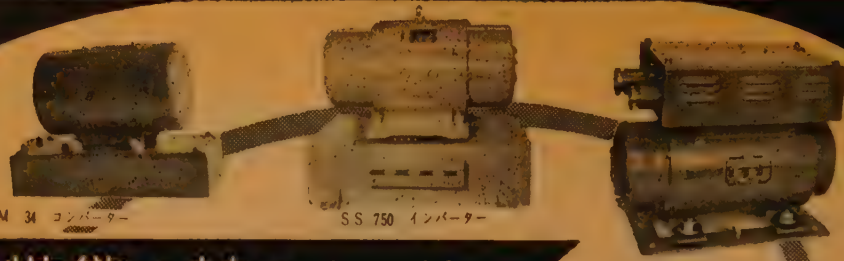
### 渡辺測器製作所

本社・工場 東京都品川区西品川3-788  
TEL. 東京 (491) 8827・1966

大阪出張所 兵庫県尼崎市東富松字大除溝  
TEL. 大阪 (48) 6860

(カタログ進呈 誌名明記の上お申込下さい)





JDM 34 コンバーター

SS 750 インバーター

N-DY-1 電動発電機

# 高性能を誇る 各種回転機器



AM-301 コンデンサーモーター



電磁クラッチ



FA7 電動送風機



206 G ミニチュアモーター

## 新中央工業株式会社

東京都大田区大森5丁目 232番地 電話 (761)9125~9

## パルス技術の万能器

690シリーズ 波形発生器



### 調整・試験・検査に

テレビ・レーダー・電子計算器等の  
研究・試験・調整・検査に

単純なパルス信号・複合パルス信号（波形図参照）がパルス巾・出力  
電圧・繰返し周期を任意に変えて発振出来ます。



## 株式会社 小野測器製作所

東京都大田区下丸子 2 5 7

TEL (738) 1900 (731) 9937

# アルミニウム表面処理専門

○(特許)アルミニウム超硬質処理 (耐絶縁性, 耐腐蝕性, 耐磨耗性) 等に最適

○アルミライト法に依る装飾及び防錆処理一式 (白色, 金色, 銀色, 黒色, 原色, パール, その他各種色彩メッキ及び梨地仕上  
塗装下地用アルマイト処理)

○鍍金処理 (アルミニウム及びアルミ合金に各種電気メッキ)

## 電化皮膜工業

東京都大田区今泉町 259 番地 TEL (731) 3169

### ゲルマニウム加工機 シリコン加工機

#### ◎スライシングマシン

Type 8—SCTH

☆手動式・油圧

☆半自動式・油圧操作

☆自動式・油圧操作ラジェット方式

使用ブレード 径 75 mm t0.4,

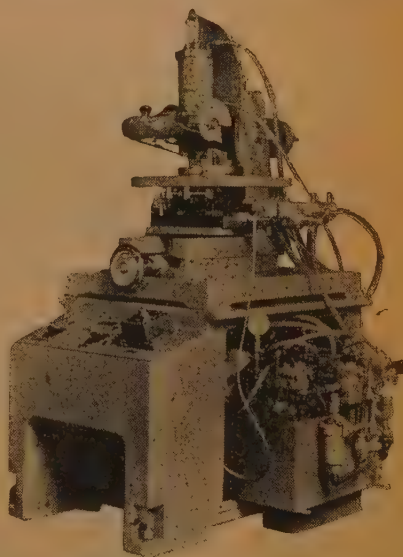
100 mm t0.4, 125 mm t0.4

#### ◎ラッピングマシン

ラップマスタータイプ

仕様 タイマー・自動攪拌装置・電磁バルブ付

ラップ盤 径12吋ミハナイト鋳鉄使用



(スライシングマシン)

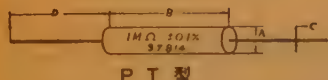
## 三池理化工業株式会社

東京都新宿区番衆町 12

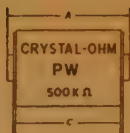
TEL (351) 5207



# 精密捲線抵抗器



PT 型



PW 型



PB 型

| 型                     |         | 名     | P      | T      | PT-1   | PT-3   | PTS    | PTL |
|-----------------------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 寸<br>法                | mm      | A     | 13     | 20     | 8      | 8      | 8      |     |
|                       |         | B     | 38     | 38     | 30     | 70     | 100    |     |
|                       |         | C     | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |     |
|                       |         | D     | 50     | 50     | 30     | 50     | 50     |     |
| 抵<br>抗<br>値<br>範<br>圍 | Rmax    | RN    | 1 MΩ   | 2 MΩ   | 150 KΩ | 800 KΩ | 1 MΩ   |     |
|                       |         | RA    | 150 KΩ | 400 KΩ | 25 KΩ  | 150 KΩ | 200 KΩ |     |
|                       | Rmin    | 0.05% | 25 Ω   | 25 Ω   | 50 Ω   | 50 Ω   | 25 Ω   |     |
|                       |         | 0.1%  | 10 Ω   | 10 Ω   | 20 Ω   | 20 Ω   | 10 Ω   |     |
|                       |         | 0.25% | 5 Ω    | 5 Ω    | 10 Ω   | 10 Ω   | 5 Ω    |     |
|                       |         | 0.5%  | 1 Ω    | 1 Ω    | 2 Ω    | 2 Ω    | 1 Ω    |     |
|                       |         | 1%    | 0.1 Ω  | 0.1 Ω  | 0.1 Ω  | 0.1 Ω  | 0.1 Ω  |     |
|                       |         | W40   | 1      | 2      | 0.5    | 1      | 1.5    |     |
| 定 格 電 力 W             | W20     | 0.5   | 1      | 0.3    | 0.5    | 0.75   |        |     |
|                       | 最大加電圧 V | F     | 1000   | 1500   | 270    | 900    | 1200   |     |
| 仕 切                   |         | 数     | 4      | 4      | 2      | 8      | 12     |     |

| 型名     | P    | W      | PW-1   | PW-2   | PW-3   | P    | B      | PB-1   |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|
| 寸法     | A    | 32.5   | 57.5   | 32.5   | 57.5   | 28   |        | 12     |
| mm     | B    | 20     | 20     | 25     | 25     | 22   |        | 17     |
|        | C    | 27.5   | 52.5   | 27.5   | 52.5   | 32   |        | 14.5   |
|        | D    | 17     | 17     | 17     | 17     | 12   |        | 9      |
|        | E    | 7      | 7      | 4.5    | 4.5    | 7    |        | 5.5    |
|        | F    | 4      | 4      | 4      | 4      | 8.5  |        | 5      |
| 抵抗値範囲  | Rmax | RN     | 1 MΩ   | 2 MΩ   | 2 MΩ   | 5 MΩ | 1 MΩ   | 250 KΩ |
|        |      | RA     | 200 KΩ | 400 KΩ | 400 KΩ | 1 MΩ | 200 KΩ | 50 KΩ  |
|        | Rmin | 0.05 % | 25     | 25     | 25     | 25   | 25     | 50     |
|        |      | 0.1 %  | 10     | 10     | 10     | 10   | 10     | 20     |
|        |      | 0.25 % | 5      | 5      | 5      | 5    | 5      | 10     |
|        |      | 0.5 %  | 1      | 1      | 1      | 1    | 1      | 2      |
|        |      | 1 %    | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1  | 0.1    | 1      |
|        |      | W40    | 1      | 3      | 1.5    | 5    | 1      | 0.5    |
|        |      | W20    | 0.5    | 1.5    | 0.8    | 2.5  | 0.5    | 0.3    |
|        |      | E      | 1000   | 2000   | 1200   | 2000 | 1000   | 270    |
| 定格電力W  |      |        |        |        |        |      |        |        |
| 最大加電圧V |      |        |        |        |        |      |        |        |
| 仕切数    |      | 4      | 4      | 4      | 4      | 4    | 0      | 0      |

Rmax 最大抵抗値, Rmin 最小抵抗値, RN 抵抗温度係数  $+1.3 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$  ( $0.1\%$ 以下  $2 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ), RA  $\pm 0.2 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$  W40 温度上昇  $40^{\circ}\text{C}$ , W20 温度上昇  $20^{\circ}\text{C}$

真下製作所

渋谷区恵比寿西1丁目18 電話(461)0712・8037

カタログ贈呈

新しい通信機器の設計は

まず回路のプリント配線化から

◎ プリント配線なら専門メーカーの銘光工業にお任せ下さい。

- ★ 配線図や簡単な略図からでも、すぐプリント化致します。
- ★ 設計から製造まで一貫した優れた技術と完全自動化された設備から生れるメイコーのプリント配線はきっと御満足のゆくことと存じます。



TRラジオから 電子計算機まで

メイコーの  
プリント配線

AJU 08

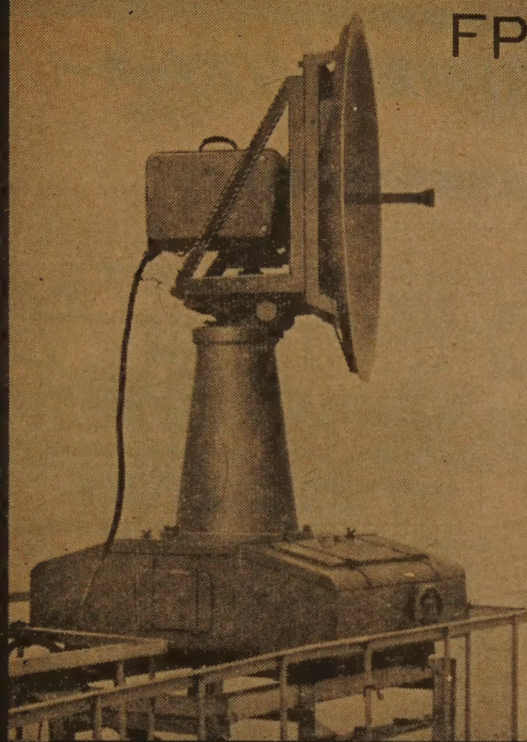
銘光工業株式会社

東京都世田谷区祖師ヶ谷2～686 TEL (416) 0278・1231



# FPU パラボラ遠隔制御装置

TP18-1 型 NHK 納入  
東京タワー鉄塔150m 上に  
取付けられた回転パラボラ  
四装置の中一台を示す



## 用途

本装置は TV 放送局において、TV 映像の移動、中継局よりの受信に使用するパラボラ空中線装置で一組又は四組のパラボラ装置を鉄塔上に設備し遠隔制御により任意の移動中継局よりの映像受信を全方向カバーすることができる。

## 規格

- (1) 使用周波数 6875Mc~7125Mc
- (2) 利得 35db
- (3) VSWR 1.1以下
- (4) 開口径 4 呎 (開口径 6 呎にも使用出来る)

## 重量

パラボラ、回転装置を含み1組の重量は約 450kg である。

株式会社 **加藤電気工業所**

東京都北区東十条 2-6

電話 王子 (911) 3672・0093

ワドーのトランジスター・電子管金属材料

# MINIRON 52

軟質ガラス封入用

Fe-Ni-Cr 合金

平均膨脹係数  $8 \sim 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

( $20^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ )

## 中里合名会社

東京都中央区日本橋両国五番地

5121・5122・5123

電話東京(851)局 5124・5125・5126

製造 株式会社 和銅 電子材料製造部



# サーミスタ計測器のトシスメーカー

## タカラサーミスタ完全互換型精密温度調節器 (S.T.R. シ リ ーズ)

昨年度においてサーミスタ計測器の唯一の欠点とされていた感熱部の互換性問題を解決し、完全互換型温度計 (S.P.D. シリーズ) を発売して、絶賛を拍した宝工業は、続いて待望の精密温度調節器の完全互換性を取揃え S.T.R. シリーズとして発売することになった。

温度調節器は現場の工業計器として、温度計より大量に使用されているから、その互換性は温度計以上の要求である。今回発売されるタカラの S.T.R. シリーズはこれらの要望を全く満足させるもので、完全互換型温度調節器の出現によって、急速にタカラサーミスタが工業計器として現場で大量に採用されることになった。

なお互換型温度計 (S.T.M. シリーズ) と互換型温度調節器 (S.T.R. シリーズ) との間の互換性は、回路の都合上それぞれのサーミスタ素子の抵抗値が全く異なるので不可能であるが、タカラサーミスタ記録計と互換型温度調節器 (S.T.R. シリーズ) との感熱部は温度範囲が一致していれば相互に完全なる互換性を持たせてあります。右表をご検討の上適切な目盛の種類を事業所別に計測係としてご選定願ひまして、この点も充分にご活用下さるよう期待致しております。

なお、フォトリランジスタ温度調節器の完全互換型は第一表のごとく S.P.H—110 であるが、これは第二表を標準とせず、前に発売した完全互換型温度計 (S.P.D. シリーズ) の標準目盛からご選択願ひます。

タカラサーミスタ精密温度調節器の新旧対比表 (第一表)

| 種類    | 完全互換型 (S.T.R.) | 従来の型名     | 備 考           | 価格 (感熱部を含む) |
|-------|----------------|-----------|---------------|-------------|
| 温度調節器 | S.T.R.—22      | T.R.—22   | 直読目盛盤式        | 35,000      |
|       | S.T.R.—21      | T.R.—21   | ダイヤル目盛、較正表読取り | 35,000      |
| 温度調節計 | S.T.R.—31      | T.R.M.—11 | 温度指示計付 (縦型)   | 75,000      |
|       | S.T.R.—32      | T.R.M.—12 | 同上 (横型)       | 75,000      |
|       | S.P.H—110      | PH—110    | フォトリランジスタ式    | 79,000      |

完全互換型温度調節器及記録計の標準温度 (第二表)

◎印標準型、他は準標準型

| 目盛の名称 | 温度、記録の温度範囲 (°C) | 温度及記録巾 (°C) |
|-------|-----------------|-------------|
| —75の1 | —75～0           | 75          |
| —75の2 | —75～50          | 125         |
| —50の1 | —50～0           | 50          |
| —50の2 | —50～50          | 100         |
| —50の3 | —50～100         | 150         |
| 0の1   | 0～50            | 50          |
| 0の2   | 0～100           | 100         |
| 0の3   | 0～150           | 150         |
| 0の4   | 0～200           | 200         |
| 0の5   | 0～250           | 250         |
| 50の1  | 50～100          | 50          |
| 50の2  | 50～150          | 100         |
| 50の3  | 50～200          | 150         |
| 50の4  | 50～250          | 200         |
| 50の5  | 50～300          | 250         |
| 100の1 | 100～150         | 50          |
| 100の2 | 100～200         | 100         |
| 100の3 | 100～250         | 150         |
| 100の4 | 100～300         | 200         |
| 100の5 | 100～350         | 250         |
| 150の1 | 150～200         | 50          |
| 150の2 | 150～250         | 100         |
| 150の3 | 150～300         | 150         |
| 150の4 | 150～350         | 200         |
| 200の1 | 200～250         | 50          |
| 200の2 | 200～300         | 100         |
| 200の3 | 200～350         | 150         |
| 250の1 | 250～300         | 50          |
| 250の2 | 250～350         | 100         |

(計) 標準目盛 10種類 準標準目盛 19種類

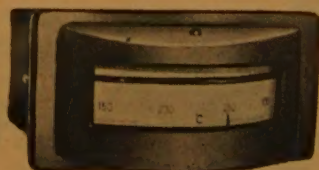
完全互換型の特長を充分に發揮する為にも、成るべくこの温度目盛から御選択下さい。



S.T.R.—22



S.T.R.—31



S.P.H—110

宝 工 業 株 式 会 社

TAKARA THERMISTOR INSTRUMENTS CO., LTD.

本社・電気工場 東京都大田区原町 90 番地 TEL 蒲田 (731) 7210 東京 (738) 0333



# DC~60MC

これが60年型の  
シンクロスコープです

## 岩崎のシンクロスコープ

国内最大のシンクロスコープ専門メーカーの岩崎通信機は、いよいよDC~60MCの広帯域型シンクロスコープSS-5601の販売を開始しました。

SS-5601

SS-5601の性能

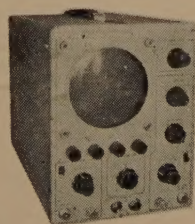
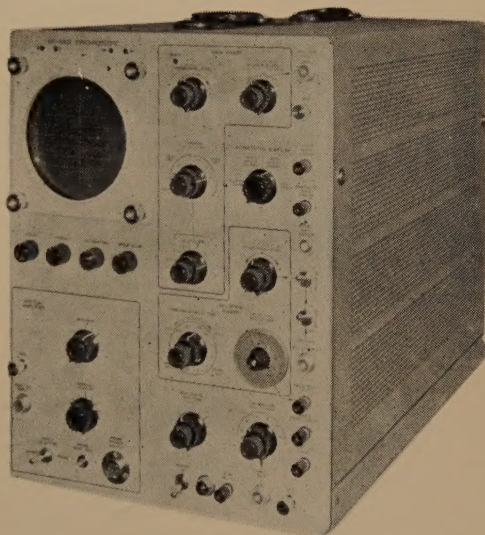
|         |  |
|---------|--|
| ブラウン管   | 5 BHP 2                                |
| 感 度     | 0.05V/cm ~ 0.2V/cm                     |
| 周波数特性   | DC~60MC -3db                           |
| 掃 引 速 度 | 拡大器を含め<br>6.02 $\mu$ sec/cm ~ 12sec/cm |
| 較 正 電 圧 | 0.15mv ~ 50V                           |
| 寸 法     | 350W × 450H × 720 L                    |

又、新製品として、5吋ブラウン管を使用した、DC~5MCのSS-5051  
DC~2MCのSS-5021  
も加わりました。

このほか、次の種類のシンクロスコープがあります。

|         |         |              |
|---------|---------|--------------|
| DC~4MC  | SS~3041 | ミゼット タイプ     |
| DC~5MC  | SS~5052 | ポータブルテレビ用    |
| DC~10MC | SS~5102 | プラグインシステム    |
| DC~15MC | SS~5151 | スタンダード       |
| "       | SS~5152 | スタンダードテレビ用   |
| "       | SS~5154 | 南方向          |
| "       | DS~5155 | 2ビーム プラグイン   |
| DC~30MC | SS~5302 | プラグイン システム   |
| DC~1MC  | MS~5012 | メモリープラグインタイプ |

エレクトロニクス○凡ゆる分野で活躍  
している岩崎のシンクロスコープを御  
用命下さい。



SS-5051  
DC~5MC



SS-5021  
DC~2MC



岩崎通信機株式会社

カタログ等お問合せは営業所又は出張所  
をお願いします。

東京営業所 東京都中央区日本橋通り1の6 浅野不動産ビル  
電話 (271) 0461~8・0471~7  
大阪営業所 大阪市東区淡路町5の2 月谷川ビル  
電話 (23) 1616 (代表)  
本社及工場 東京都杉並区久我山2丁目710 電 (391) 2231 (代表)  
出張所 札幌・仙台・金沢・名古屋・広島・福岡・熊本



Shibaden

## カラー・アダプタ完成!

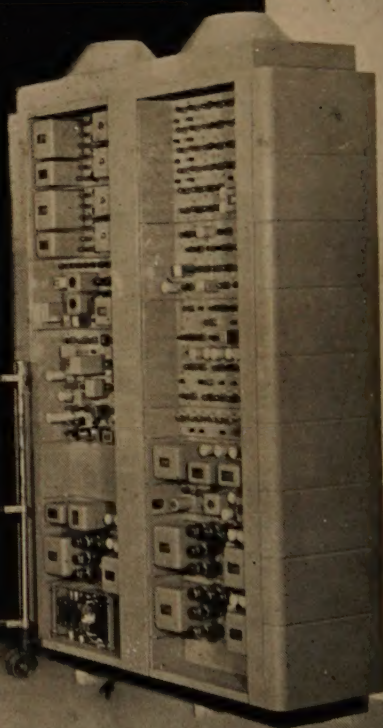
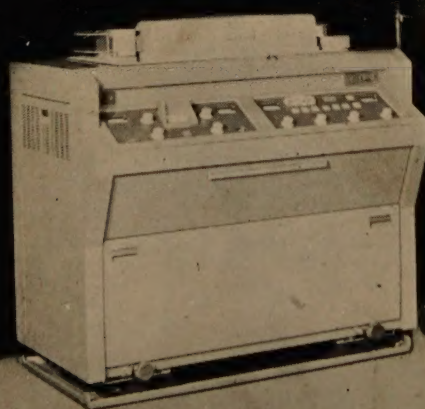
従来のビデオ・テープレコーダをカラーテレビジョン用として使用できるアダプタを完成し、先般開催された大阪国際見本市で実演好評をえました。

カラー本放送には従来のV・T・Rにカラーアダプタ(ラック1本)を追加することにより地方ネット局においても簡単にカラー放送を行うことができます。

# 芝電の

カラーテレビ用

# V.T.R



## 芝電気株式会社

本社・工場 東京都世田谷区野沢町2丁目148 (421)5111~5  
八王子工場 八王子市大和田町1644 八王子(2)6121  
営業所 東京営業所・大阪営業所・福岡営業所

☆ 先般アイゼンハウアー米大統領の訪日が予定された折、訪日の模様を米国へ伝えるためVTRのテープを空輸することになり、これに当社製の車載したVTRが候補にあがりました。互換性に関して念のため試験的に同機により記録したテープを米国CBC放送会社へ空輸したところ“VERY GOOD”との回答をえたとのことであります ☆